

令和4年度 木材製品の消費拡大対策及び
国内森林資源活用・建築用木材供給力強化対策事業のうち
CLT 建築実証支援事業のうち CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業

地域材の難燃薬剤処理 L V L を用いた
被覆型耐火構造の開発

実績報告書

令和6年 3月
一般社団法人全国 LVL 協会

目次

1. はじめに	-- P 1
2. 目的と実施体制	-- P 3
3. 耐火性能の検討	
3. 1 概要	-- P 6
3. 2 90 分耐火構造柱（大断面）	-- P 11
3. 3 90 分耐火構造柱（小・超大断面）	-- P 84
3. 4 被覆材役物の試作	-- P162
4. 性能評価試験	
4. 1 概要	-- P172
4. 2 被覆材の製造	-- P173
4. 3 90 分耐火構造柱（小断面）2 体目	-- P183
4. 4 120 分耐火構造柱（小断面）1 体目	-- P219
4. 5 まとめ	-- P253
5. まとめと今後の課題	-- P254
6. 別添資料	-- P255

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、この技術に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。

地球環境問題を踏まえた都市木造の部材開発においては、防耐火性能はもちろん、材料特性、構造性能を明確にするとともに、製造、施工の課題も整理する必要がある。こうした情報の提供が、プロジェクトの推進力になるとともに、設計支援になる。

2023 年の建築基準法改正に伴う、90 分耐火構造の登場により建物規模での耐火部材が合理的になった。

4 層	1 時間耐火
5 ～ 9 層	90 分耐火
10 ～ 14 層	2 時間耐火

都市木造としては、高さ 30m 程度が一つの市場と考えると、90 分耐火部材の整備も重要であり、ここも視野に開発を進めている。

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

全国 LVL 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耐火構造の開発を行い国産材の需要開発を行ってきた。1 時間耐火構造（柱・梁）の大臣認定まで取得し、数々の採用実績を積んできた。被覆材である難燃薬剤処理 LVL の準不燃材料認定を取得し、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としての展開が可能になった。

令和 5 年度に 1 時間耐火構造と 2 時間耐火構造の間に 90 分耐火構造が告示で規定され、9 階建てまでの高層建築で 2 時間耐火構造性能まで要求されなくなったことで、適切な要求性能を満たした耐火構造の開発が可能となった。昨年度に実施した 2 時間耐火構造柱の被覆検討を生かして、90 分と 2 時間耐火構造の検討と開発を行った。

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5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.		国立研究開発法人建築研究所	水上点晴 防火研究グループ 主任研究員
	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.		株式会社キータック	吉田智則 営業部 次長
	21.		丸菱油化工業株式会社	亀岡祐史 研究本部 主席研究員
	22.		株式会社ザイエンス	茂山知己 技術開発部 マネージャー
	23.		シネジック株式会社	寺澤正広 R&D推進室 リーダー
	24.		株式会社オロチ	滝田哲也 品質管理部 次長
	25.		光洋産業株式会社	釜澤友樹 KR化成品部 次長
	26.		セメダイン株式会社	久住 明 技術部 専任部長
	27.		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
	28.		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
	29.		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
	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
	35.		石巻合板工業株式会社	阿部勝浩 製造部管理チーム 次長
	36.		石巻合板工業株式会社	野田和成 企画課 課長
	37.		株式会社ユニウッドコーポレーション	横尾國治 代表取締役会長
	オブザーバー			
	38.		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
	39.		木構造振興株式会社	平原章雄 常務取締役
	40.		桜設計集団	加来千紜
	41.		ビルディングランドスケープ	西澤高男
	42.		ビルディングランドスケープ	吉田京平
	43.		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			
	44.		全国LVL協会	平沼孝太 事務局長
	45.			李 元羽 技術部長
	46.			成田敏基 技術課長
	47.			崔 華暉

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
2024.03

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)	
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 性能検証		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 火構造マニユ 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 性能検証		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 検討 被覆材準不燃 ○	LVL耐火構造 接合部ハンド ブック 改訂	木構造振興(防耐火)	アキュラ川崎 展示場SF
R05	2023	耐火90min・2H柱 ○	LVL耐火構造 接合部ハンド ブック 改訂	木構造振興(防耐火)	名古屋烏森 オフィス・大 阪都島P



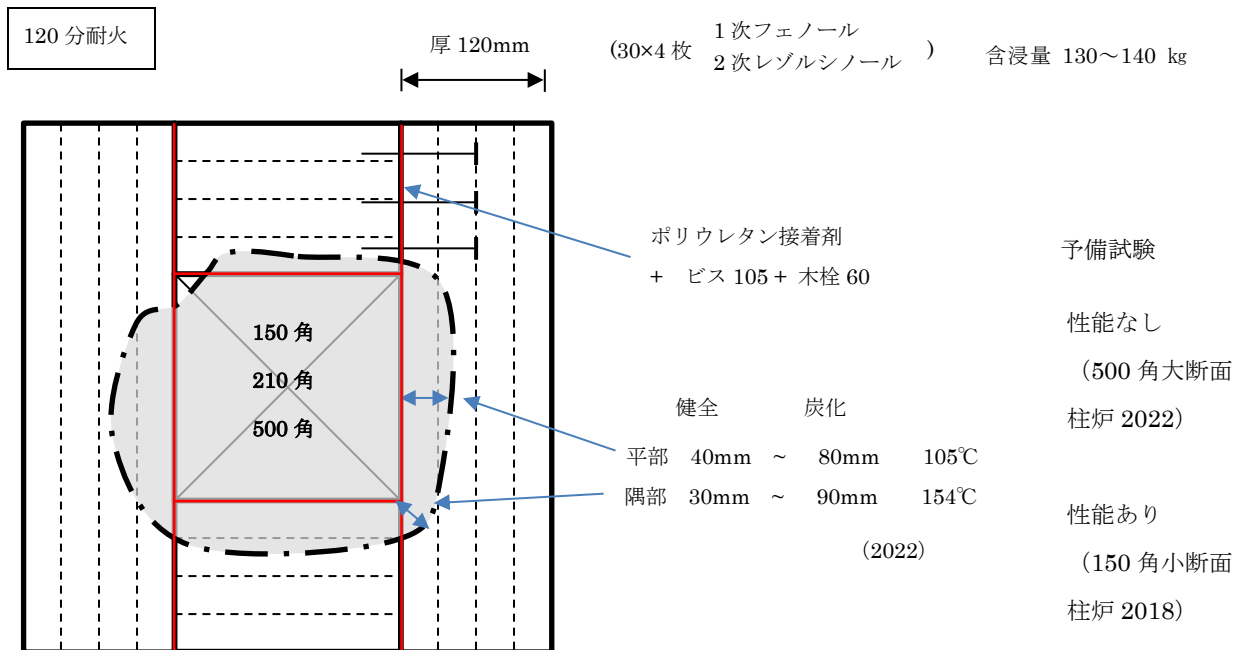
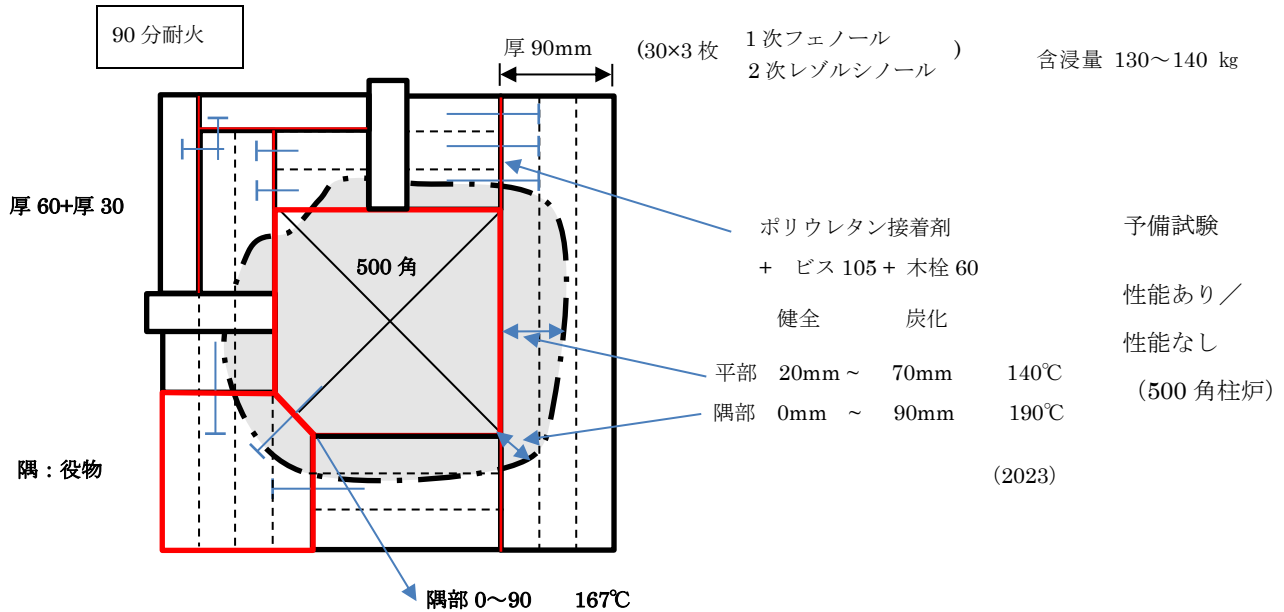
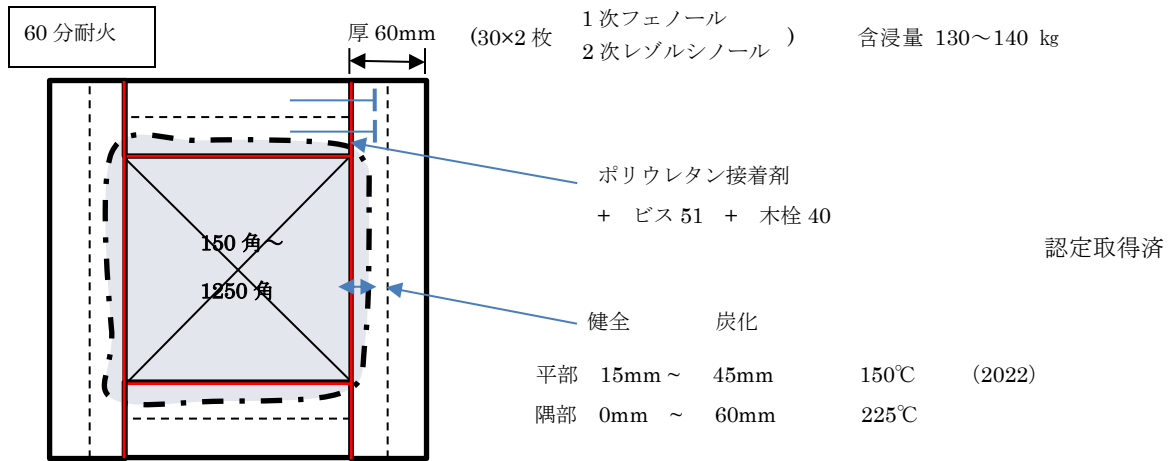
3. 耐火性能の検討

3. 1 概要

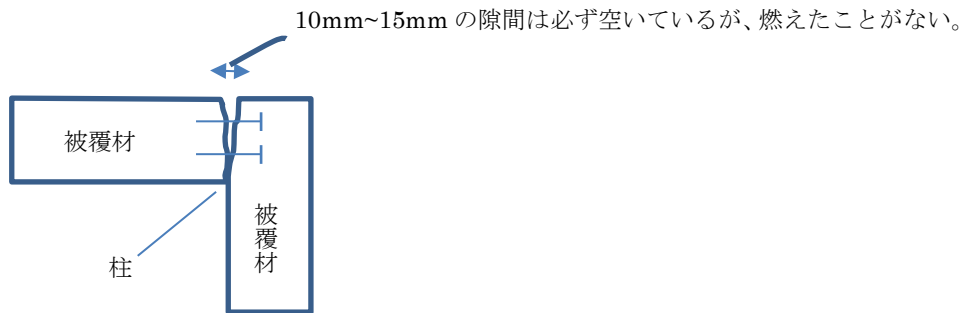
90 分耐火構造と 2 時間耐火構造の被覆仕様を決めるにあたり、3. 2 では 90 分耐火に必要な難燃薬剤処理 LVL の厚みは 90mm 厚が必要になると仮定し、大断面柱で隅部の被覆検討を柱炉で無載荷にて耐火試験を実施した。過去に実施した 1 時間、2 時間耐火の検討と 3. 2 の結果を取りまとめたのが次ページ以降の検討である。

3. 3 では、特大断面と小断面の被覆検討を水平炉の短柱にて耐火試験を実施した。

3. 4 では 隅部の被覆の役物を効率よく、コストを抑えて製作する方法を模索した。



60 分耐火



改良案

90 分耐火

厚 60+厚 30 が燃えた理由

- ・ 厚 30 と 60 の間の接着が早い内に剥れ、熱が入った。
加熱中も、厚 30 の膨れが目立った、
厚 60 の積層面カバーの効果はなかった。

- ・ 単板の節を無くす
- ・ 薬剤含浸量を増やす
- ・ 隅部のおさまりをかえる
 - > 役物をつくる
 - > アイジャクリ
 - 90 分×
 - 120 分 (過去 つくば) 短柱で×
- ・ 接着剤をかえる
現場でもとりつけることを考えると
 - 熱硬化性なし
 - 熱可塑性
 - 酢ビ △
 - ポリウレタン ◎

120 分耐火

被覆材の中で 火・熱が消えなかった原因

- ・ 単板に節がある (無節単板はほとんど取れないので製造は難しい。)
- ・ 2 次接着のレゾ層が剥れて熱が侵入、こもった
- ・ ウレタン+ビス層が剥れて熱侵入、こもった
- ・ 壁炉と近すぎる (大断面の場合)
バーナーに近く、加熱をとめた後も熱をもつ壁から
試験体に熱が供給する。

過去 性能ありの 150 角でも
加熱中 切れ目のラインは見たが、
熱が入って赤熱はなかった。

大断面仕様の試験方法が変更される可能性があり、対応していきたい。

90 分耐火柱仕様について初めて耐火試験を実施した。120 分耐火試験時に苦勞した隅部の被覆について検討した。その結果、隅部の被覆方法は 60 分耐火の被覆仕様と同様の勝ち負け仕様で耐火性能が出ることを確認できた。また、隅部に被覆材の固まりを取付ける仕様でも性能が出ることを確認できた。

小断面(150mm 角か 180mm 角)は水平炉にて 4 面被覆の短柱試験にて 90 分耐火性能を検証する。そのうえで、性能評価試験 2 体に臨む予定である。

大断面(500mm 角か 600mm 角)は今後、性能評価試験で試験体がバーナーや炉壁に近く熱を受けやすい柱炉での実施から、炉壁からの距離が取りやすい水平炉での短柱での試験実施になる可能性がある。協会事務局では今年度は柱炉で大断面柱を実施せず、水平炉での大断面仕様で予備試験を実施することを検討したい。しかし、水平炉での大断面仕様は断面寸法や材料などの詳細が決まっていない。昨年度は 1 時間耐火構造の断面寸法拡大耐火試験を行ったが、荷重支持部材に使用した 1250mm 角の集成材は製作に関わる費用がとて大きく納期もかかることがわかった。同じ断面での試験体製作・試験実施にはハードルが高いのが現状である。そこで、7/29 に実施予定の水平炉短柱試験では、荷重支持部材を納期とコストのバランスが取れる合わせ部材として耐火性能が出るかどうかを検証したい。この試験データは今後、試験機関における性能評価試験での大断面検討に使われる参考データともなると考えられる。

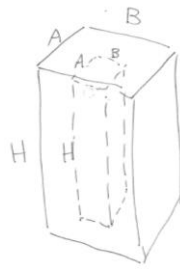
予算について、申請時は 90 分の小断面と大断面の予備試験と性能評価試験を想定していた。90 分の大断面 2 体を今年度は実施しないことで、120 分の小断面の予備試験および性能評価試験を実施できる余裕が出てきた。そこで、120 分仕様についても被覆を検討の上、秋・冬に予備試験を水平炉・柱炉で実施の上、小断面の性能評価試験に臨みたいと考える。

参考資料

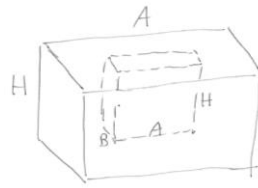
- ・ 柱炉・水平炉・耐火試験体の表面積と比率
- ・ 7/29 実施 90 分水平炉短柱試験（案）

（荷重支持部材：スギ集成 使用環境 A 105*450*1000 12 枚合わせ
ウレタン樹脂接着＋ビス接合）

以上



柱炉試験体



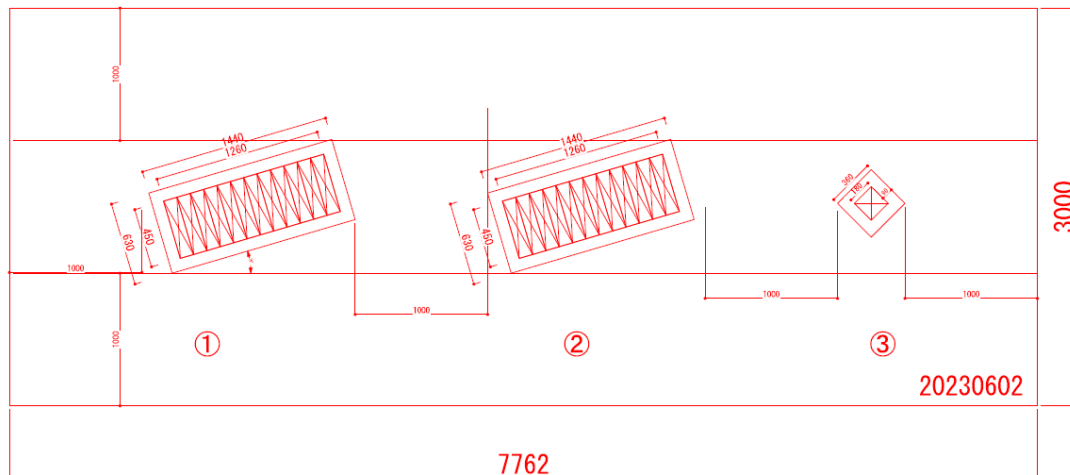
水平炉試験体

表面積計算（例）

	A m	B m	H m	表面積 m ²	面積比率 試験体/炉	炉壁と試験体 の距離 m	備考
柱炉	2.50	2.50	3.50	35.00			ABHは仮設定
試験体 150角+被覆120	0.39	0.39	3.00	4.68	0.134	1.06	
試験体 500角+被覆120	0.84	0.84	3.00	10.08	0.288	0.83	

	A m	B m	H m	表面積 m ²	面積比率 試験体/炉	炉壁と試験体 の距離 m	備考
水平炉	6.00	3.00	2.00	36.00			ABHは仮設定
超大断面試験体 450×1260+被覆90	1.44	0.63	1.20	4.97	0.138	1.18 1.00	(平行配置) 16度傾き配置
超大断面試験体 1250角+被覆60	1.37	1.37	1.90	10.41	0.289	0.53	(45度配置)

水平炉試験体設置



3.2 90分耐火構造柱（大断面）性能確認試験

3.2.1 試験

大断面柱の90分耐火構造性能確認試験を大阪池田市の日本建築総合試験所で実施した。昨年度に一番弱点であることがわかった隅部の被覆仕様を検討することを第一の目的とし、上下・四カ所の隅部で仕様をすべて変えて試験を行った。

3.2.2 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 2-1 に柱炉の試験装置図を示した。

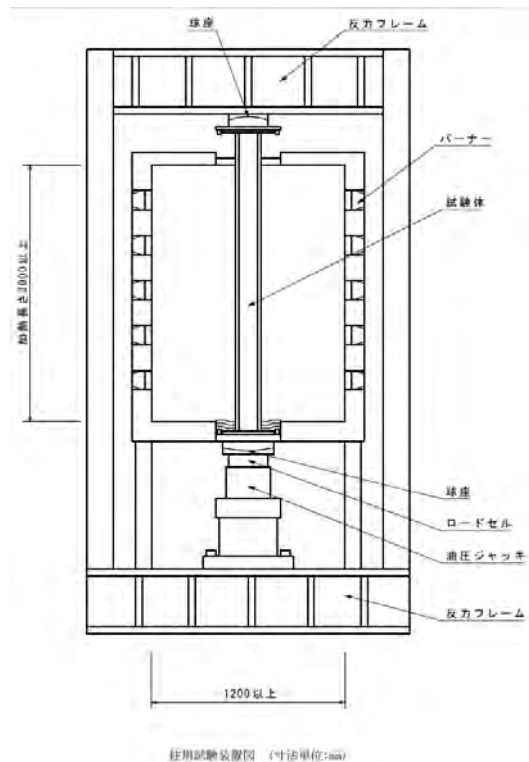


図 2-1 試験装置図

(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

非載荷とした。試験体を安定させるための若干の荷重のみ載荷した。

(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 (測定せず)
- 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℃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。

3.2.3 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 3-1～2 と図 3-1～8、写真 3-1～3 に示す。

仕様の境目は分厚い石膏ボード目地で耐火的に縁を切った。難燃処理単板積層材の薬剤含浸量は $132\text{--}142\text{ kg/m}^3$ とした。30 mm 厚の単板積層材を 2 次接着し、厚 30、60、90 mm または 120mm とした。現場用ウレタン樹脂とビスにて柱に取り付けた。

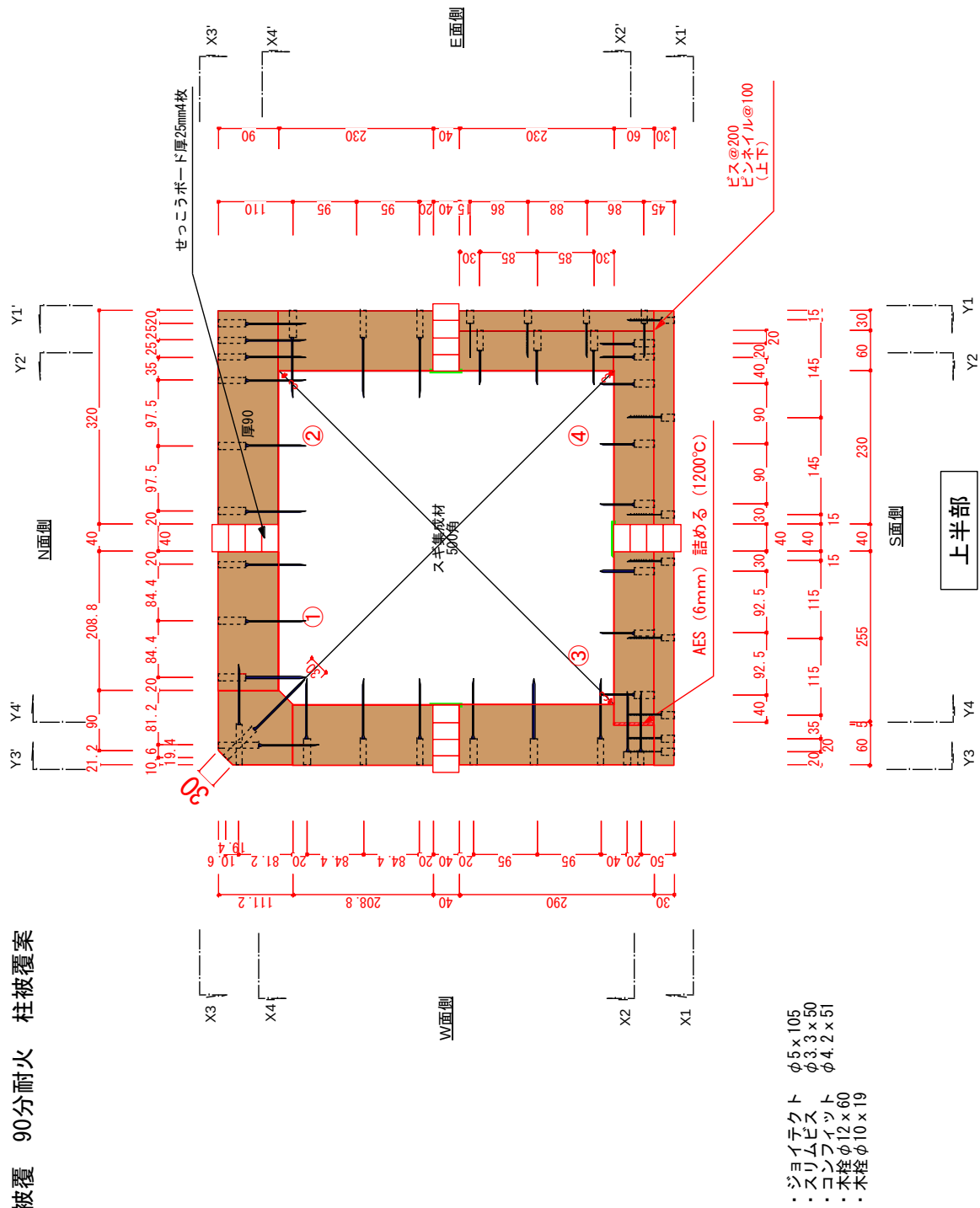
表 3-1 試験体構成材料 (寸法単位:mm)

項 目	試験体の構造
荷重支持部材	・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/cm^3(気乾、実測値) ・断面寸法 500×500
被覆材	・材質 りん・室素系薬剤処理単板積層材 ・薬剤含浸量 $132\text{--}142\text{kg/m}^3$ ・厚さ 30, 60, 90, 120(厚さ 30 の板を積層)

表 3-2 試験体構成材料留付材 (寸法単位:mm)

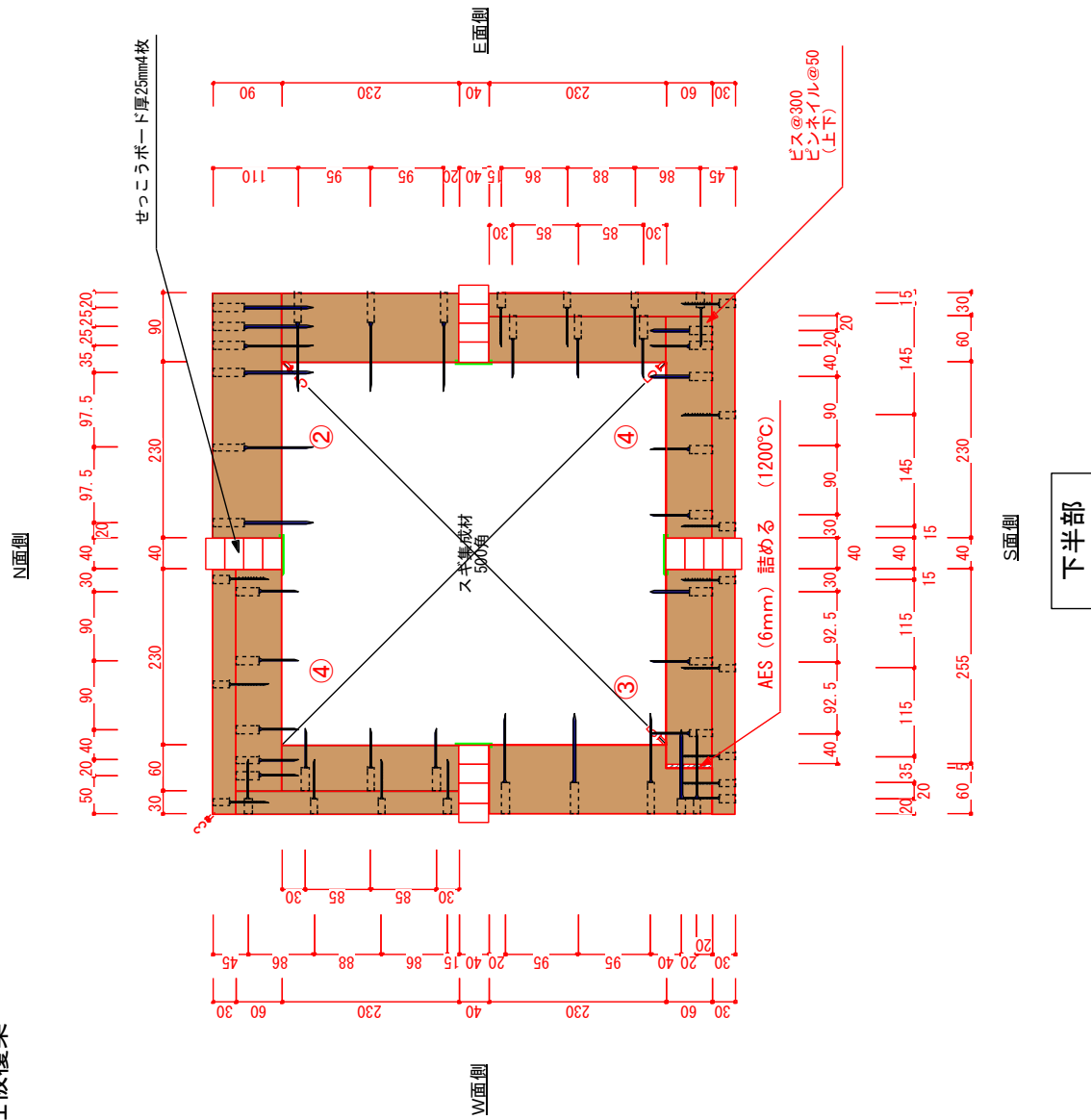
項 目	試験体の構造
留付材	[1]被覆材留付用 [1]-1 ねじ ・材質 鉄鋼(防錆処理をしたもの) ・寸法 $\phi 5\text{ mm} \times \text{L}105\text{ mm}$ ・留付間隔 200 以下 [1]-2 接着剤 ・材質 ウレタン系樹脂接着剤 ・塗布量 300g/m^2 [1]-3 木栓 ・材質 ブナ(広葉樹) ・寸法 $\phi 12$
表面塗装	なし

LVL被覆 90分耐火 柱被覆案



20230515

図 3-1 試験体の構造及び寸法



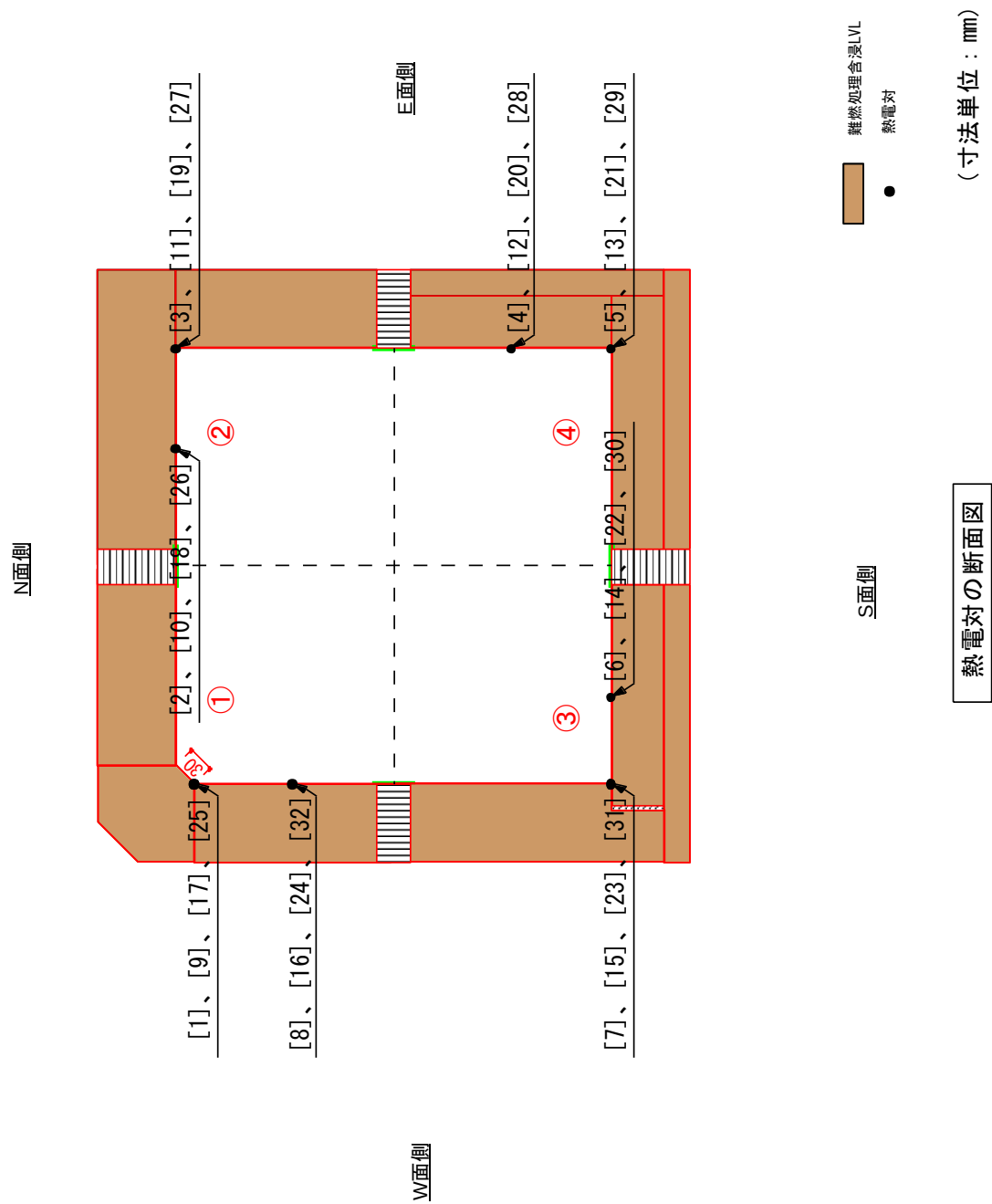


図 3-3 試験体の構造及び寸法

20230515



側面図 (東面側)

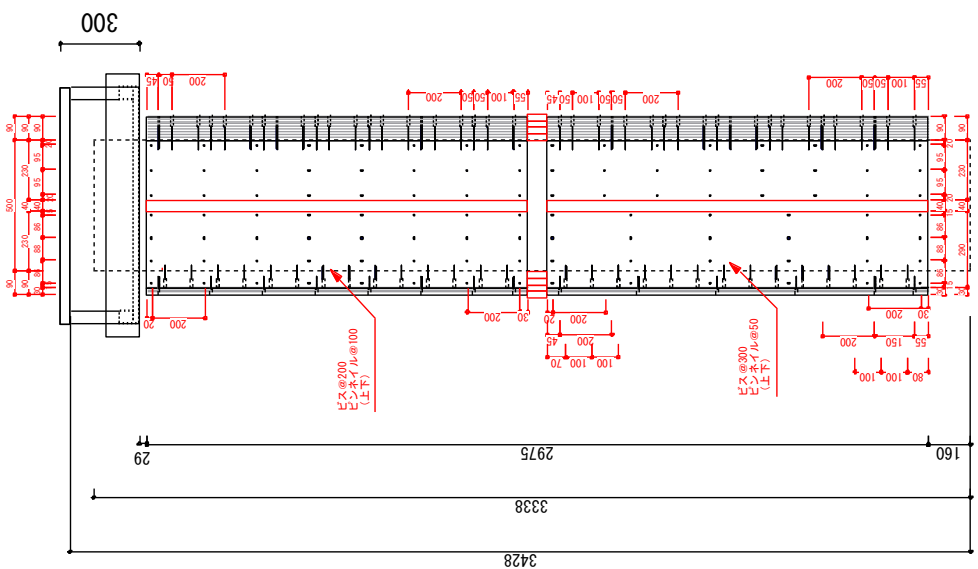
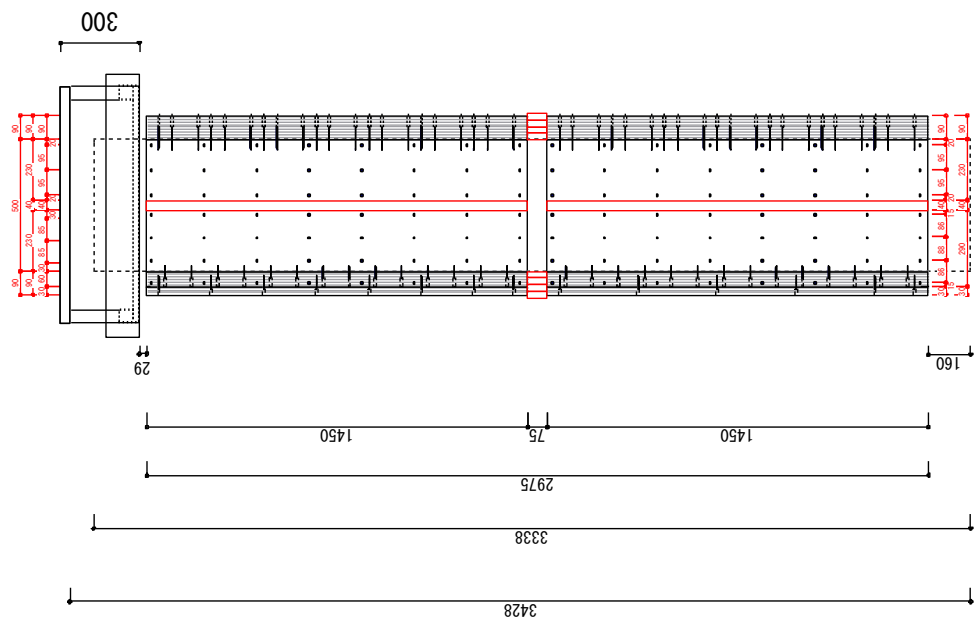


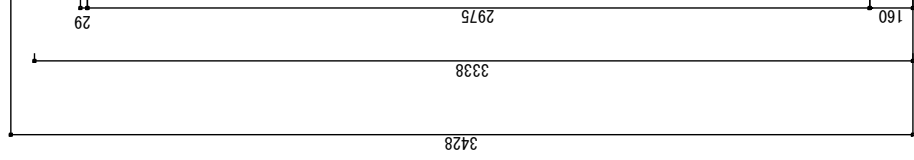
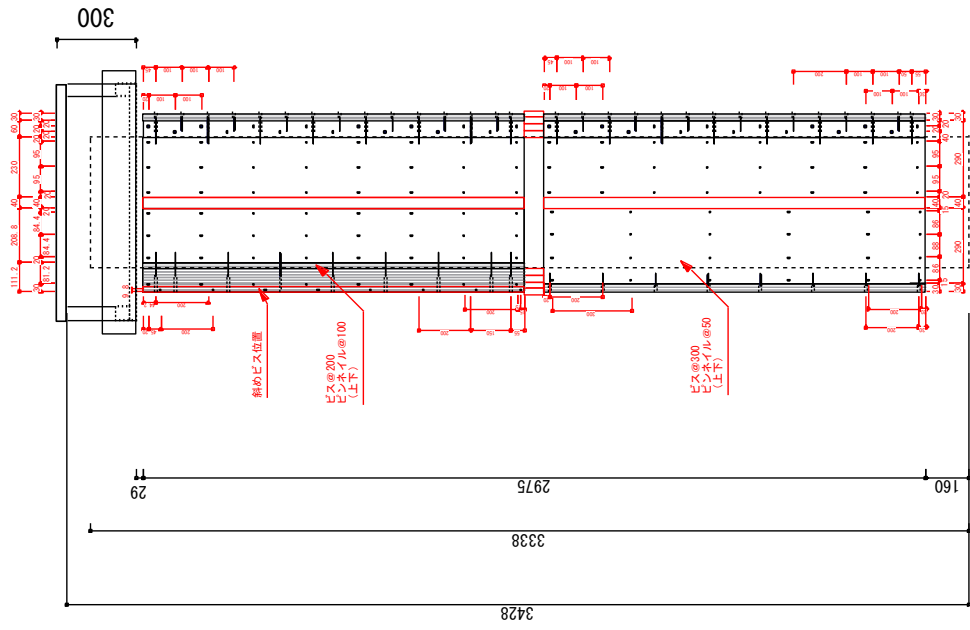
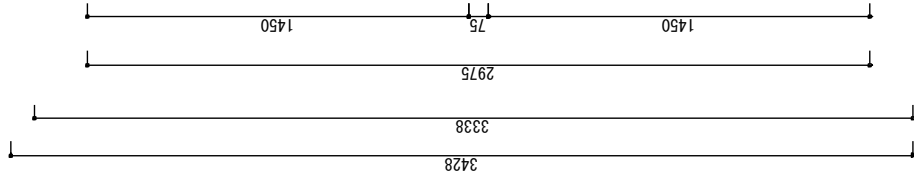
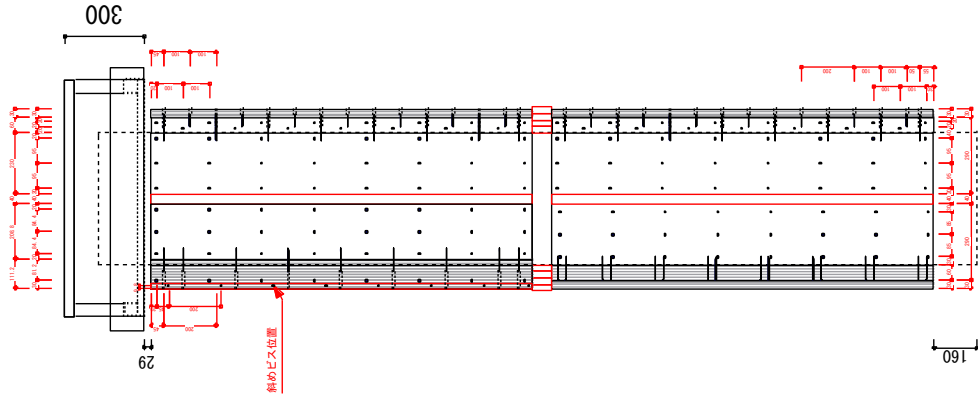
図 3-5 試験体の構造及び寸法

図 3-5 試験体の構造及び寸法

20230515

図 3-5 試験体の構造及び寸法

側面図 (西面側)



Y4-Y4 断面図

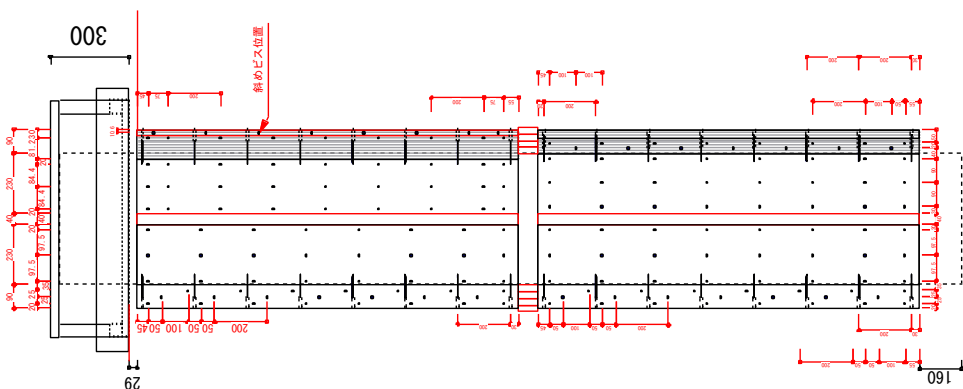
Y3-Y3 断面図

側面図 (西面側)

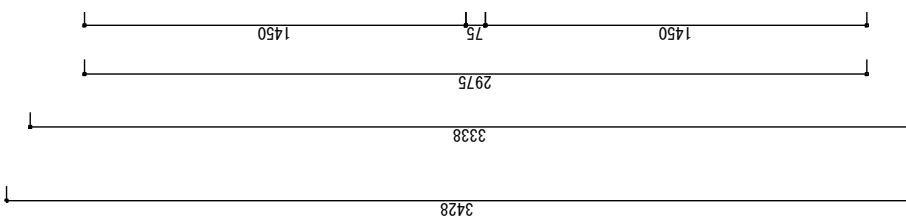
20230515

図 3-7 試験体の構造及び寸法

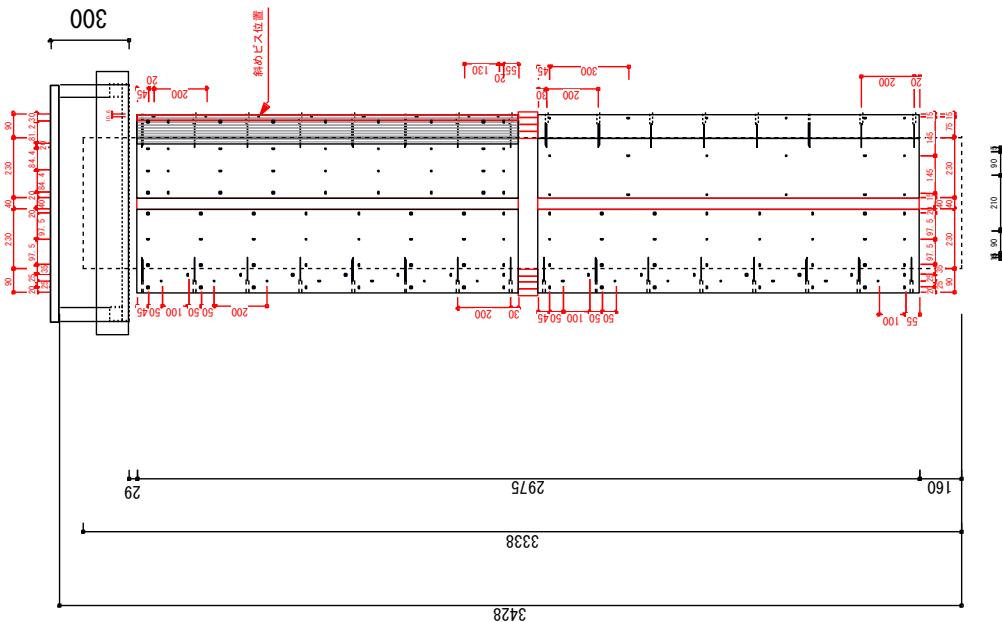
側面図（北面側）



X4-X4 側面図



X3-X3 側面図



X3-X3 側面図（北面側）

20230515

図 3-8 試験体の構造及び寸法

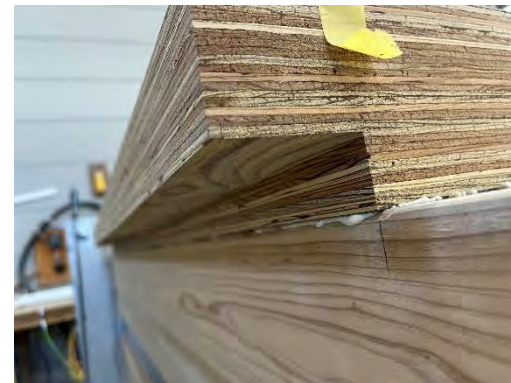


写真 3-1 製作時の様子

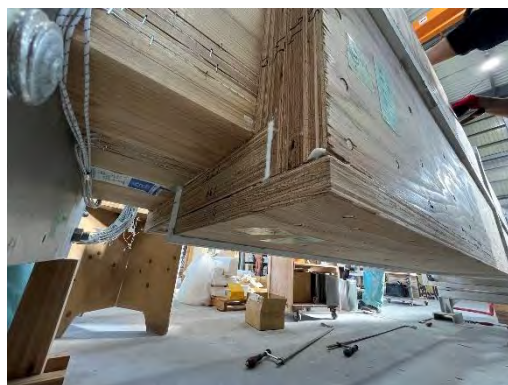
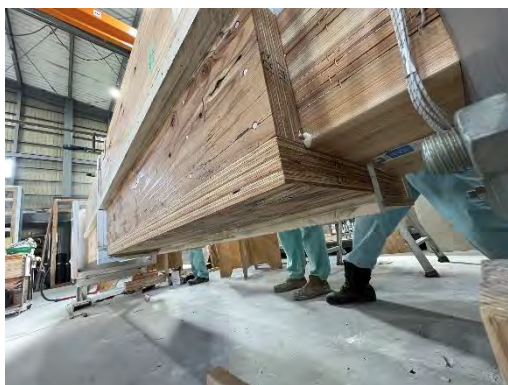
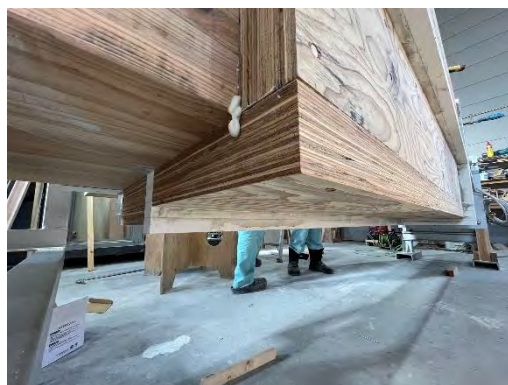


写真 3-2 製作時の様子



写真 3-3 製作時の様子

3.2.4 結果及び考察

(1) 結果

10時30分に加熱を開始し、90分後の12時00分に加熱を終了し、後追いに入った。加熱開始後180分で試験を終了し脱炉した。加熱温度測定結果を図4-1、熱電対の内部温度曲線を図4-2～9に示した。写真を写真4-1～写真4-●に示した。

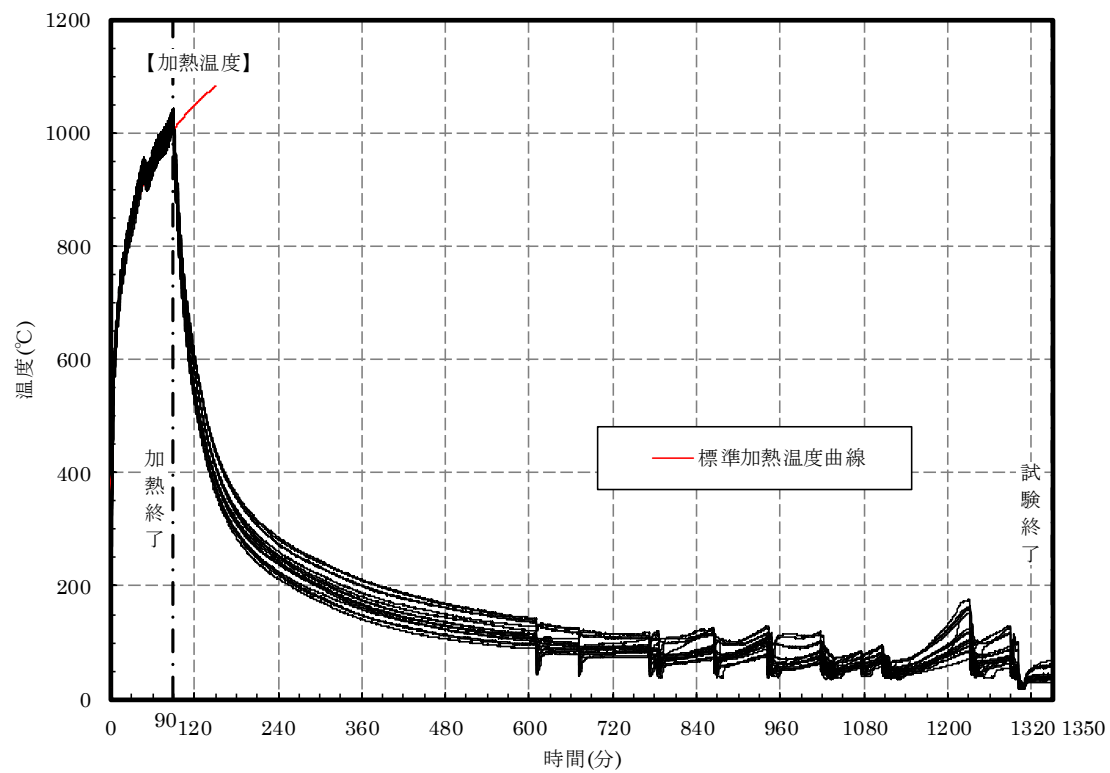


図 4-1 加熱温度測定曲線

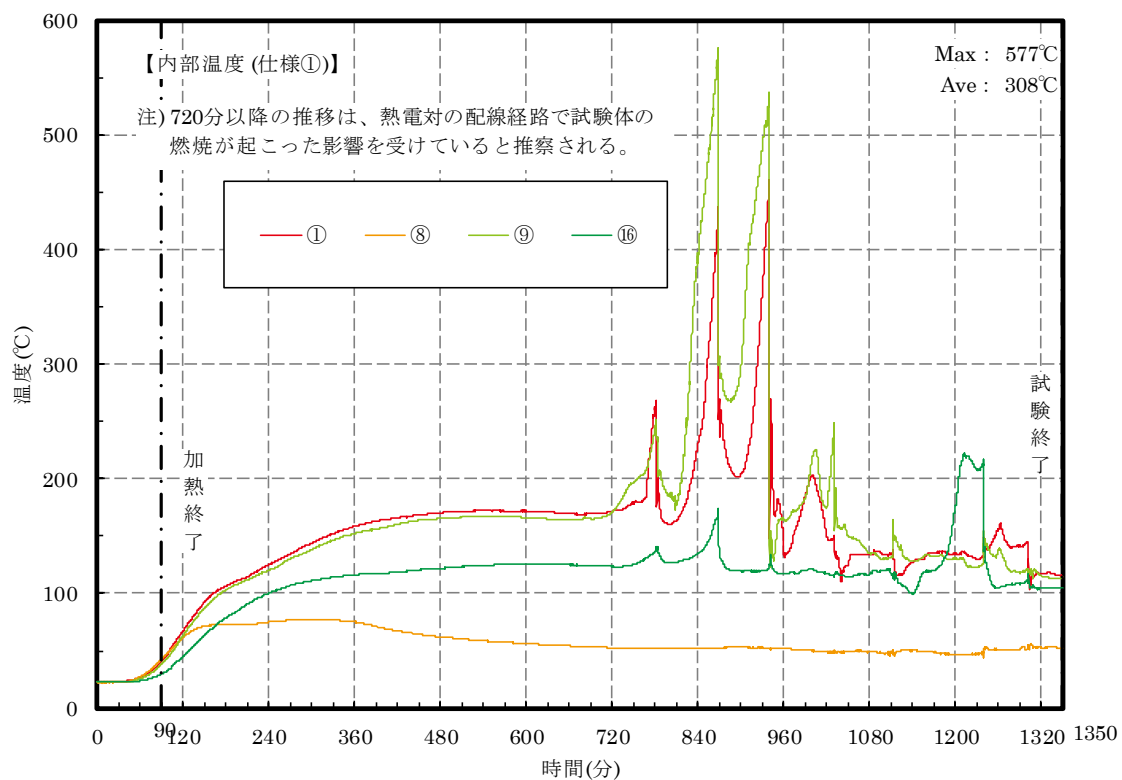


図 4-2 内部温度測定曲線（部位毎 仕様①）

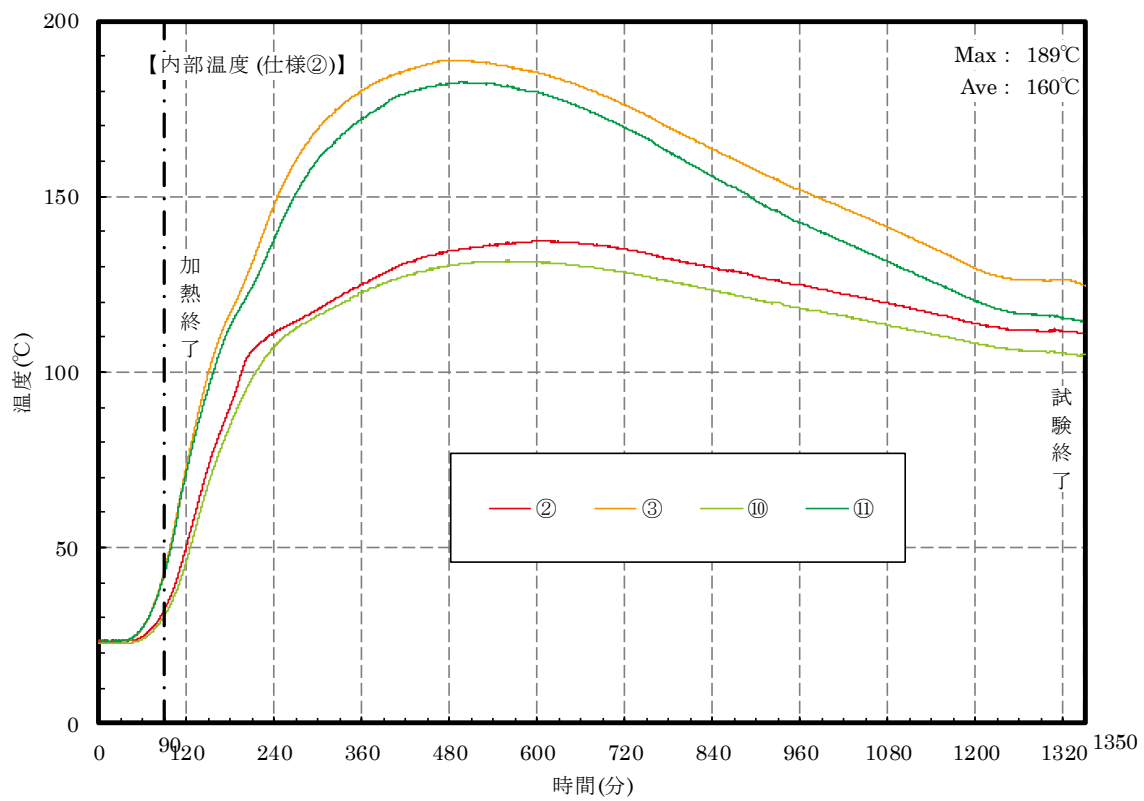


図 4-3 内部温度測定曲線（部位毎 仕様② 上半分）

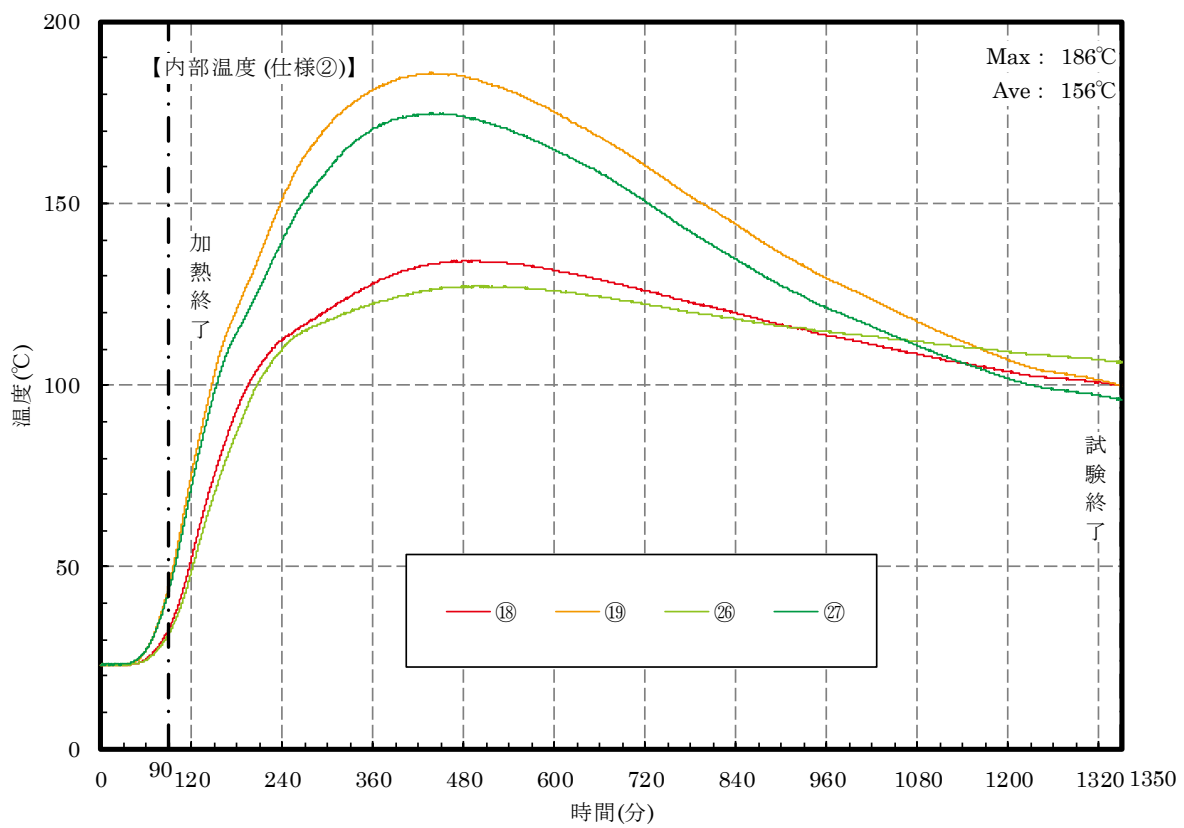


図 4-4 内部温度測定曲線（部位毎 仕様② 下半分）

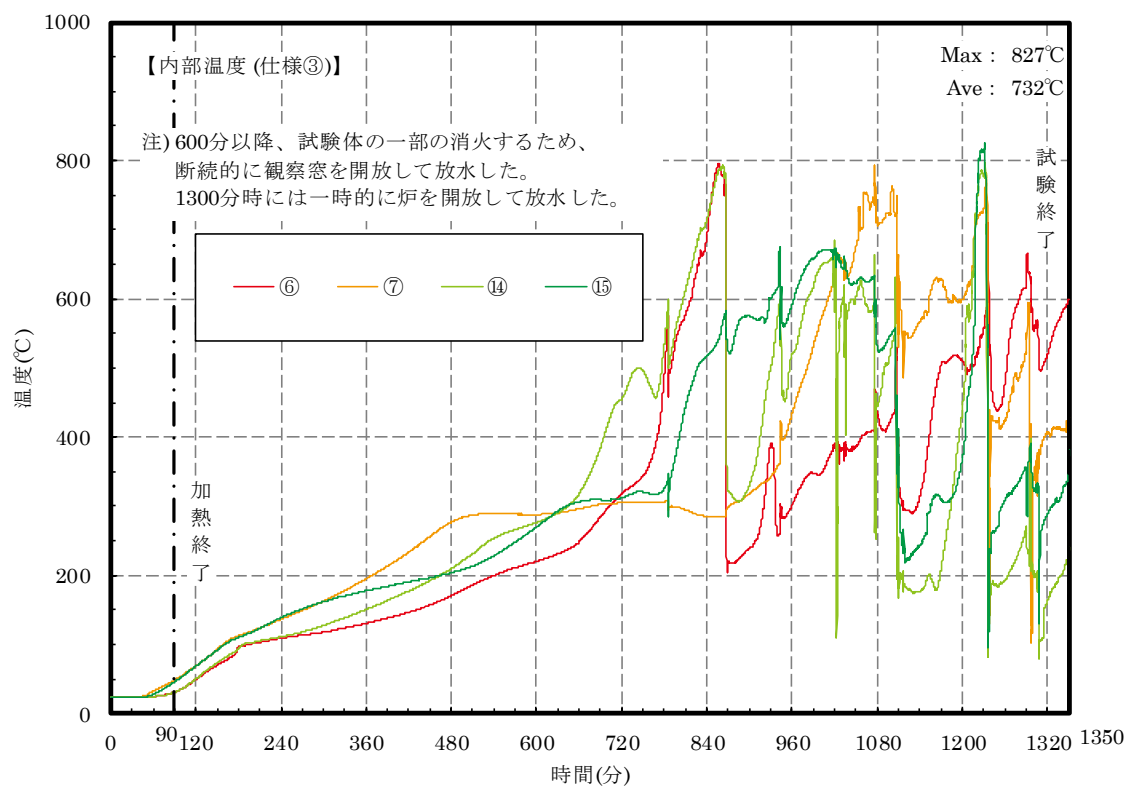


図 4-5 内部温度測定曲線 (部位毎 仕様③ 上半分)

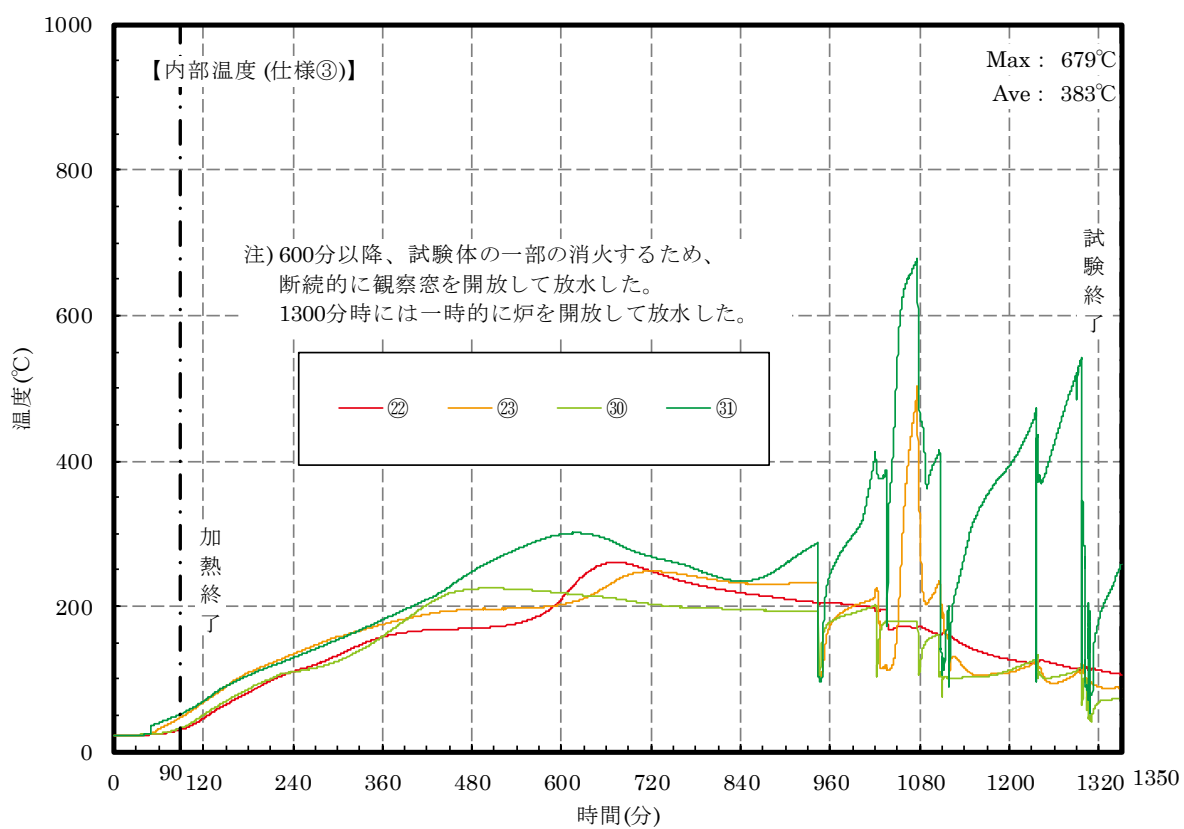


図 4-6 内部温度測定曲線 (部位毎 仕様③ 下半分)

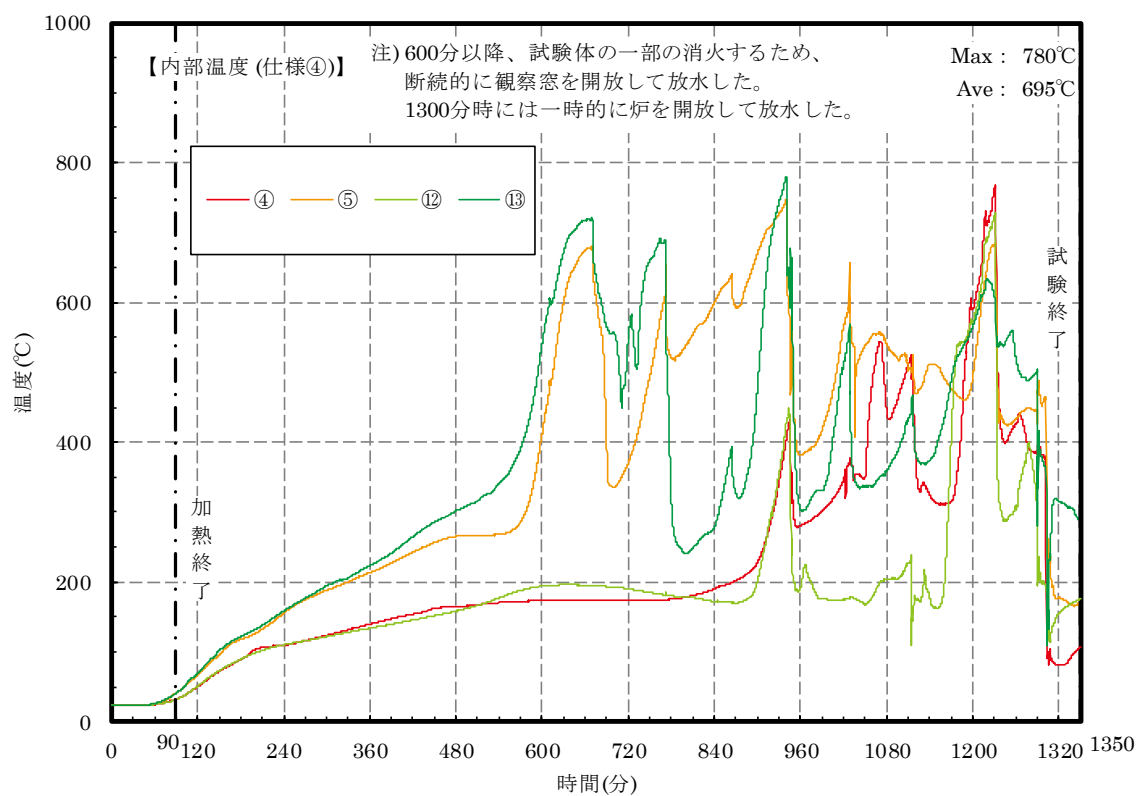


図 4-7 内部温度測定曲線 (部位毎 仕様④ 上半分)

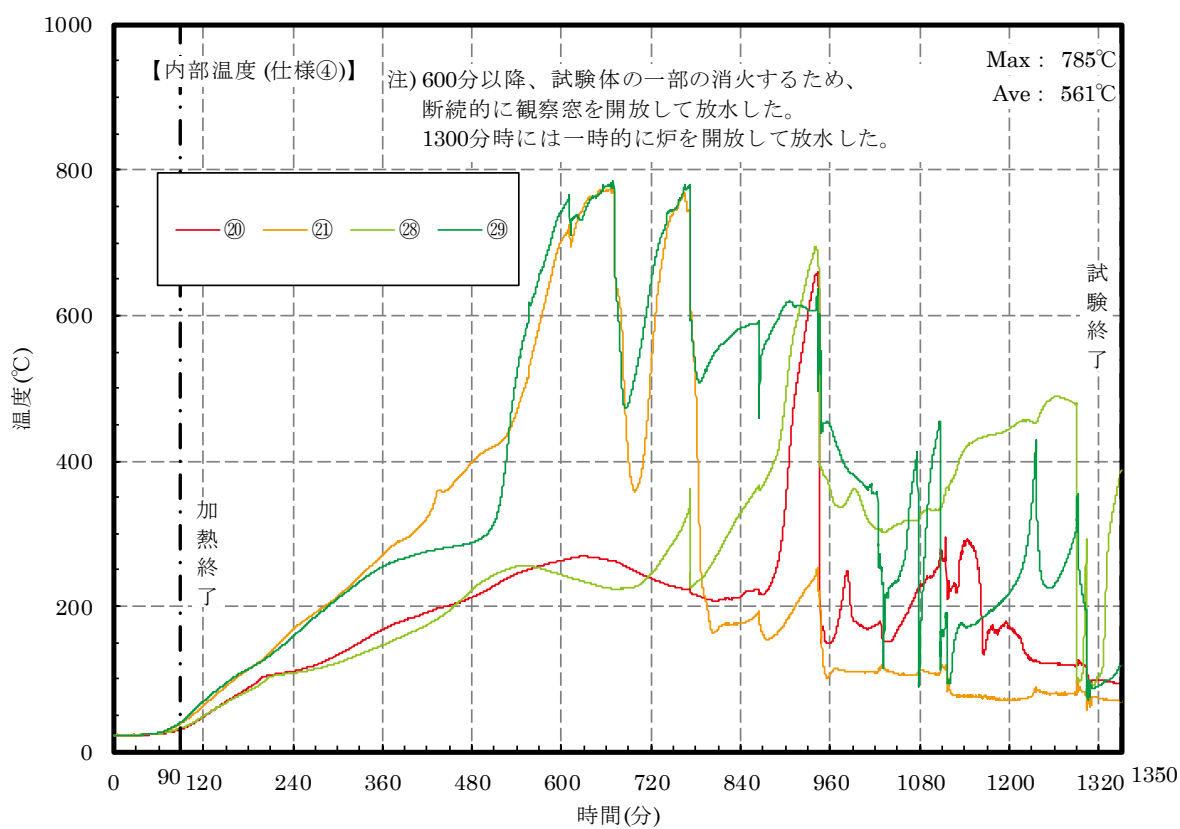


図 4-8 内部温度測定曲線 (部位毎 仕様④ 下半分)

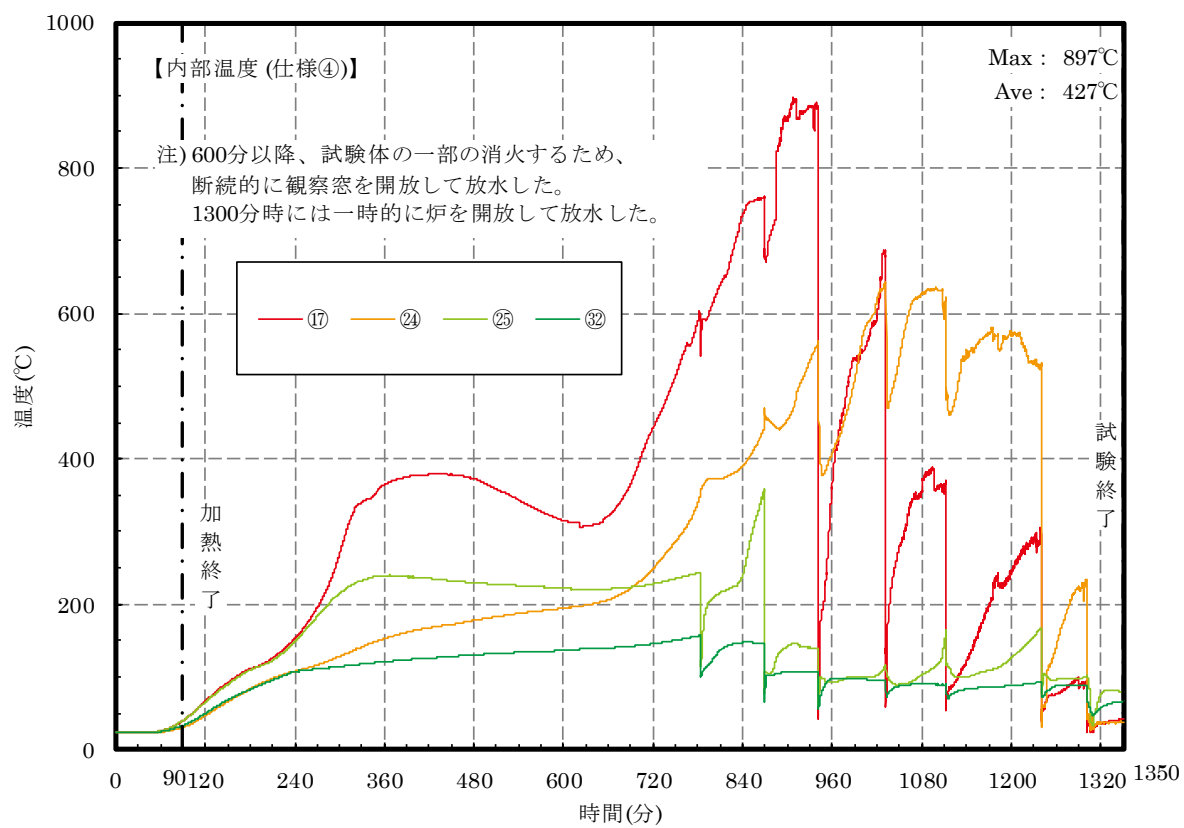


図 4-9 内部温度測定曲線 (部位毎 仕様④ 下半分)



写真 4-1 試験体 (加熱前)



写真 4-2 試験体 (加熱前)



写真 4-3 試験体 (加熱前)



写真 4-4 試験体（加熱前）



写真 4-5 試験体（加熱前）



写真 4-6 試験体 (加熱前)



写真 4-7 試験体 (加熱前)



写真 4-8 試験体（加熱前）



写真 4-9 試験体（加熱前）



写真 4-10 試験体 (加熱前)



写真 4-11 試験体 (加熱前)



写真 4-12 試験体（加熱前）

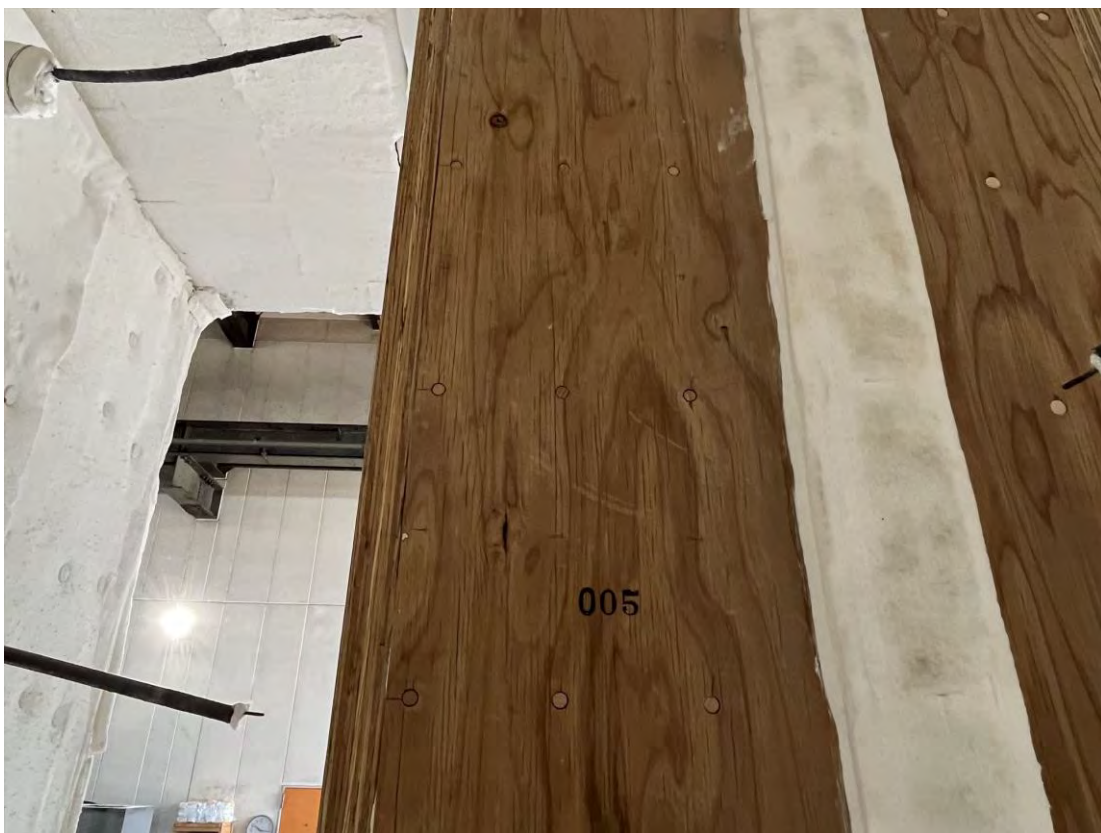


写真 4-13 試験体（加熱前）



写真 4-14 試験体（加熱前）



写真 4-15 87 分 下半分 仕様④ (薬剤処理被覆 90mm 厚と (60mm 厚+30mm 厚))

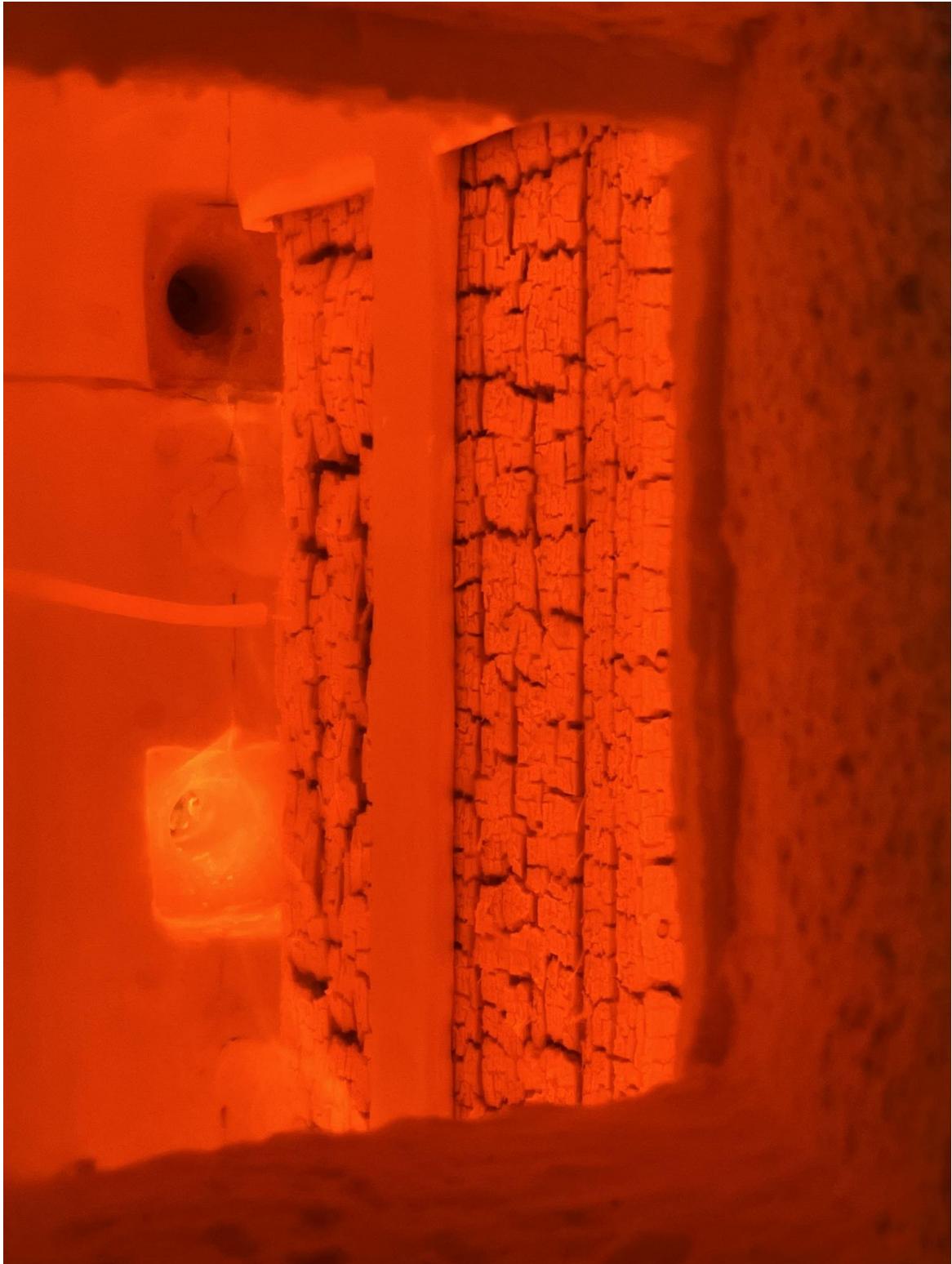


写真 4-16 87 分 下半分

手前：仕様②（薬剂処理被覆 90mm 厚 負け側）

奥：仕様③（薬剂処理被覆 90mm 厚と（60mm 厚+30mm 厚））



写真 4-17 87 分 下半分 仕様③ (薬剂処理被覆 90mm 厚と (60mm 厚+30mm 厚))



写真 4-18 脱炉後



写真 4-19 脱炉後 仕様③上半分



写真 4-20 脱炉後 仕様③下半分



写真 4-21 脱炉後 仕様①



写真 4-22 脱炉後 仕様④ 下半分



写真 4-23 E 面



写真 4-24 S 面



写真 4-25 W 面



写真 4-26 N 面



写真 4-27 NE 面



写真 4-28 NE 面 仕様②



写真 4-29 NE 面 仕様② 上半分



写真 4-30 NE 面 仕様② 上半分



写真 4-31 NE 面 仕様② 上半分



写真 4-32 NE 面 仕様② 上半分 開き



写真 4-33 NE 面 仕様② 下半分



写真 4-34 NE 面 仕様② 下半分



写真 4-35 NE 面 仕様② 下半分



写真 4-36 NE 面 仕様② 下半分



写真 4-37 NE 面 仕様② 下半分 開き



写真 4-38 SE 面



写真 4-39 SE 面 仕様④ 上半分



写真 4-40 SE 面 仕様④ 上半分



写真 4-41 SE 面 仕様④ 上半分



写真 4-42 SE 面 仕様④ 下半分



写真 4-43 SE 面 仕様④ 下半分



写真 4-44 SE 面 仕様④ 下半分



写真 4-45 SE 面 仕様④ 下半分



写真 4-46 SW 面



写真 4-47 SW 面 仕様③ 上半分



写真 4-48 SW 面 仕様③ 上半分



写真 4-49 SW 面 仕様③ 上半分



写真 4-50 SW 面 仕様③ 下半分



写真 4-51 SW 面 仕様③ 下半分



写真 4-52 SW 面 仕様③ 下半分

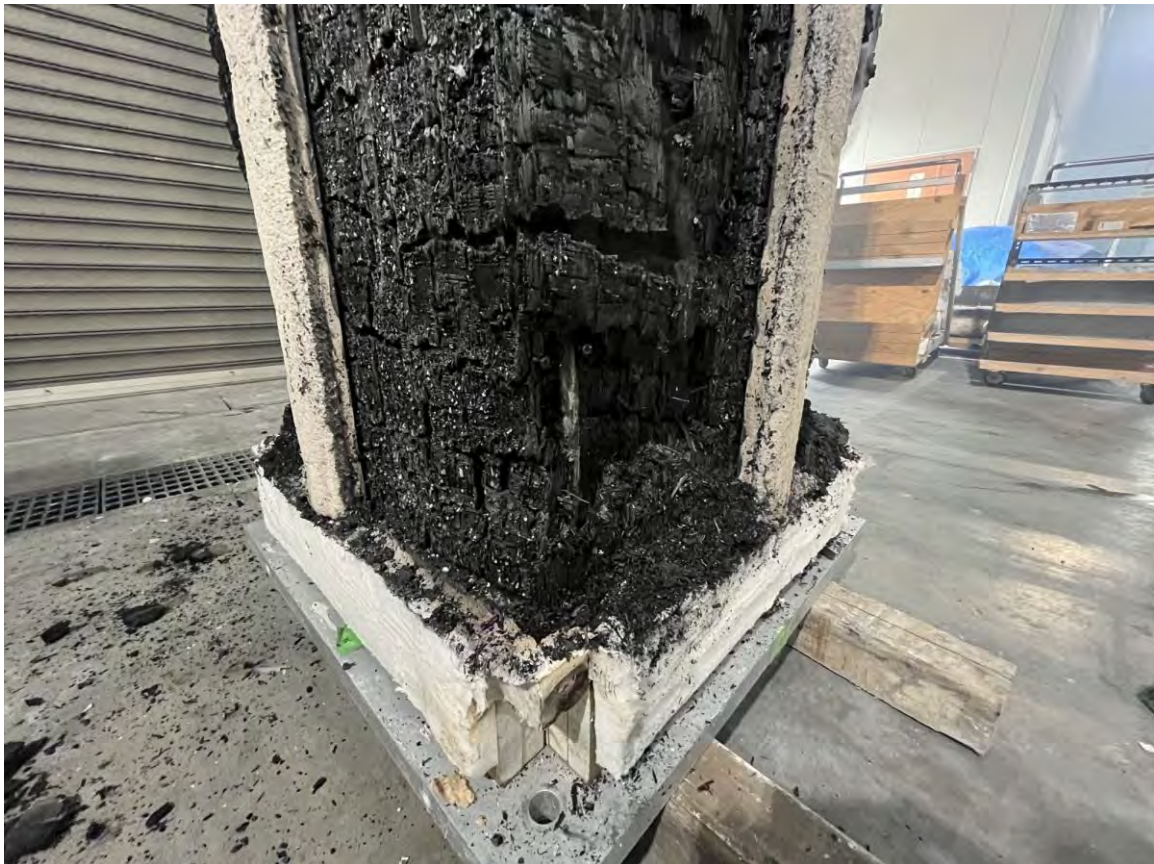


写真 4-53 SW 面 仕様③ 下半分



写真 4-54 NW 面



写真 4-55 NW 面 仕様①



写真 4-56 NW 面 仕様①

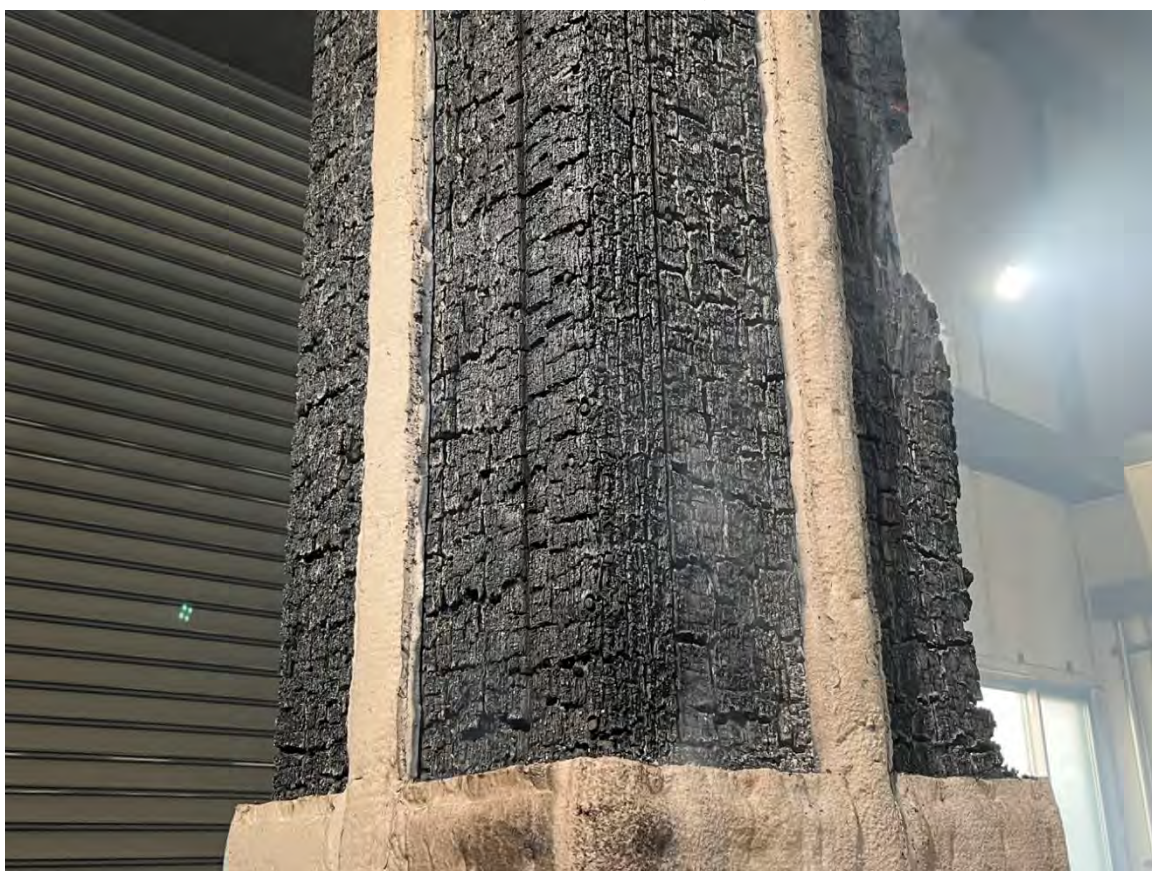


写真 4-57 NW 面 仕様①

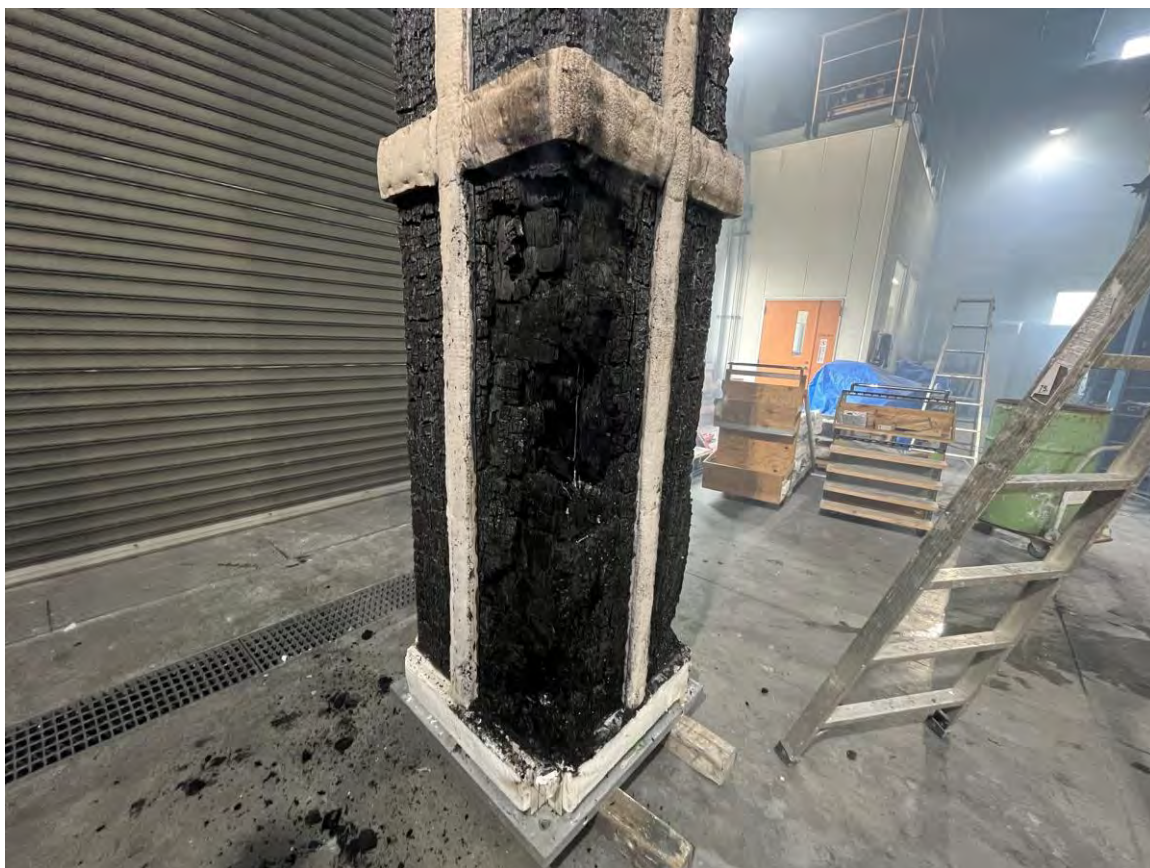


写真 4-58 NW 面 仕様④ 下半分



写真 4-59 NW 面 仕様④ 下半分

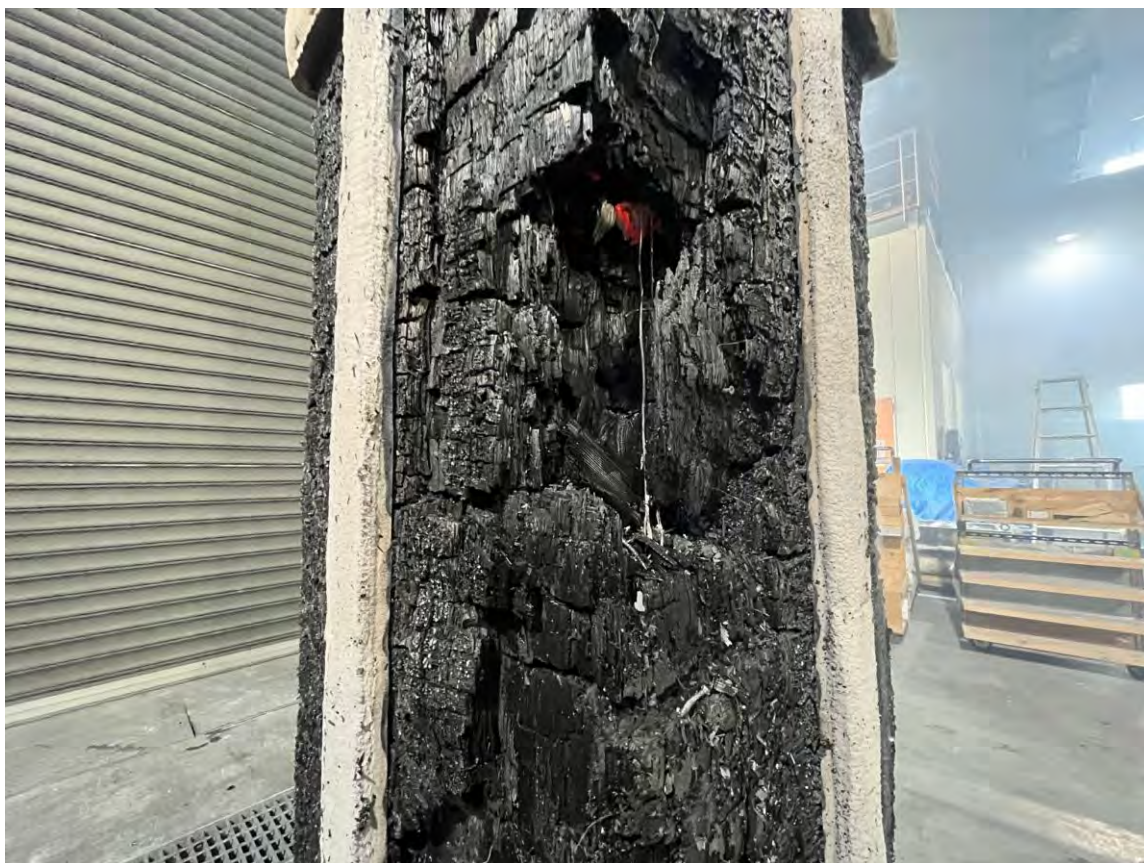


写真 4-60 NW 面 仕様④ 下半分



写真 4-61 NW 面 仕様④ 下半分



写真 4-62 全体



写真 4-63 断面 下半分の下側



写真 4-64 断面 仕様④ 下半分の下側



写真 4-65 断面 仕様② 下半分の下側



写真 4-66 断面 仕様③ 下半分の下側



写真 4-67 断面 仕様④ 下半分の下側



写真 4-68 断面 下半分の上側



写真 4-69 断面 仕様④ 下半分の上側



写真 4-70 断面 仕様② 下半分の上側



写真 4-71 断面 仕様③ 下半分の上側



写真 4-72 断面 仕様④ 下半分の上側



写真 4-73 断面 上半分の下側



写真 4-74 断面 仕様① 上半分の下側



写真 4-75 断面 仕様② 上半分の下側



写真 4-76 断面 仕様③ 上半分の下側



写真 4-77 断面 仕様④ 上半分の下側



写真 4-78 断面 上半分の上側



写真 4-79 断面 仕様① 上半分の上側



写真 4-80 断面 仕様① 上半分の上側



写真 4-81 断面 仕様① 上半分の上側



写真 4-82 断面 仕様② 上半分の上側



写真 4-83 断面 仕様② 上半分の上側

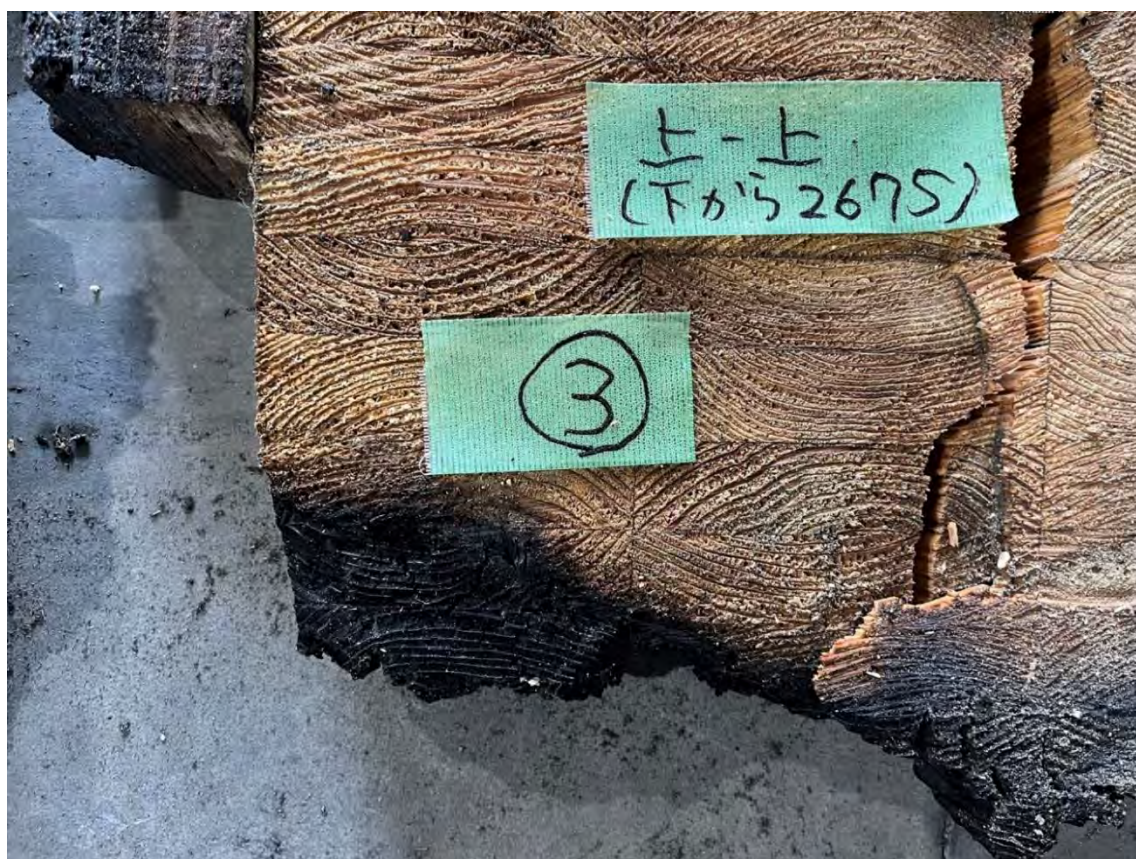


写真 4-84 断面 仕様③ 上半分の上側



写真 4-85 断面 仕様④ 上半分の上側

(2) 考察

10 時 30 分に加熱開始、90 分後に加熱を終了した。300 分前後、仕様④の隅部 17 番が 300 度を超えて上昇していたことから、夜間の内部温度測定中は、温度が上がって燃えていると判断される仕様については観察窓を開けて放水し、他の仕様に影響を及ぼさないように処置を行った。600 分以降、試験体の一部を消火するため、断続的に観察窓を開放して放水した。1300 分時には一時的に炉を開放して放水した。加熱開始後 1350 分で脱炉し、試験体の四方の写真記録後、熱電対を配置した 4 か所の断面を切断して荷重支持部材の炭化具合を検証した。

1. 仕様① (薬剤処理被覆 90mm 厚 隅部 4 5 度カット)

隅部の最大温度は 534 分で 172 度であった。その後温度は若干下降した。720 分以降の温度推移をみると温度が乱高下している。仕様①の直下に仕様④ (熱電対 17, 24, 25, 32) が配置されており、17 番が 720 分以降温度が上昇してこの付近が赤熱しており、仕様①の荷重支持部材の測定に影響が及ぼされないようにするために一時的に観察窓から放水した。熱電対を測定するケーブルははすべて荷重支持部材に溝を掘って試験体下部から出しており、仕様①と仕様④の熱電対は同じ部位に配置されていた。この赤熱によって仕様④のみならず仕様①の温度もあがってしまったと考えられる。脱炉後の断面を確認したところ、仕様①の 2 断面の荷重支持部材には炭化はなかった。

2. 仕様② (薬剤処理被覆 90mm 厚 隅部勝ち負け被覆)

隅部の最大温度は 479 分で 189 度に達し、その後順調に温度が低下した。平部の最大温度は 594 分で 138 度、順調に温度が低下した。上半分 (柱面取り 3mm) と下半分 (柱面取り 5mm) の差はほとんどなかった。脱炉後の断面を確認したところ、仕様②を被覆していた荷重支持部材には上半分、下半分ともに炭化はなかった。

3. 仕様③ (薬剤処理被覆 90mm 厚と (60mm 厚+30mm 厚) 隅部 入れ子 60mm 厚を若干張り出し)

隅部温度 7 番は 360 分を超えても上昇を続け、720 分に 800 度に達したので放水して温度を下げた。脱炉後の断面を確認したところ、荷重支持部材に炭化が認められ、大きく燃え込んでいるところもあった。

4. 仕様④ (薬剤処理被覆 (60mm 厚+30mm 厚) 隅部 入れ子)

隅部温度 17 番は 360 分で 400 度近くに達し、一旦温度は下がったが 660 分に再び上昇したため、放水して温度を下げた。脱炉後の断面を確認したところ、荷重支持部材に炭化が認められ、大きく燃え込んでいるところもあった。

各仕様で一番温度が高かった隅部温度を比較した。

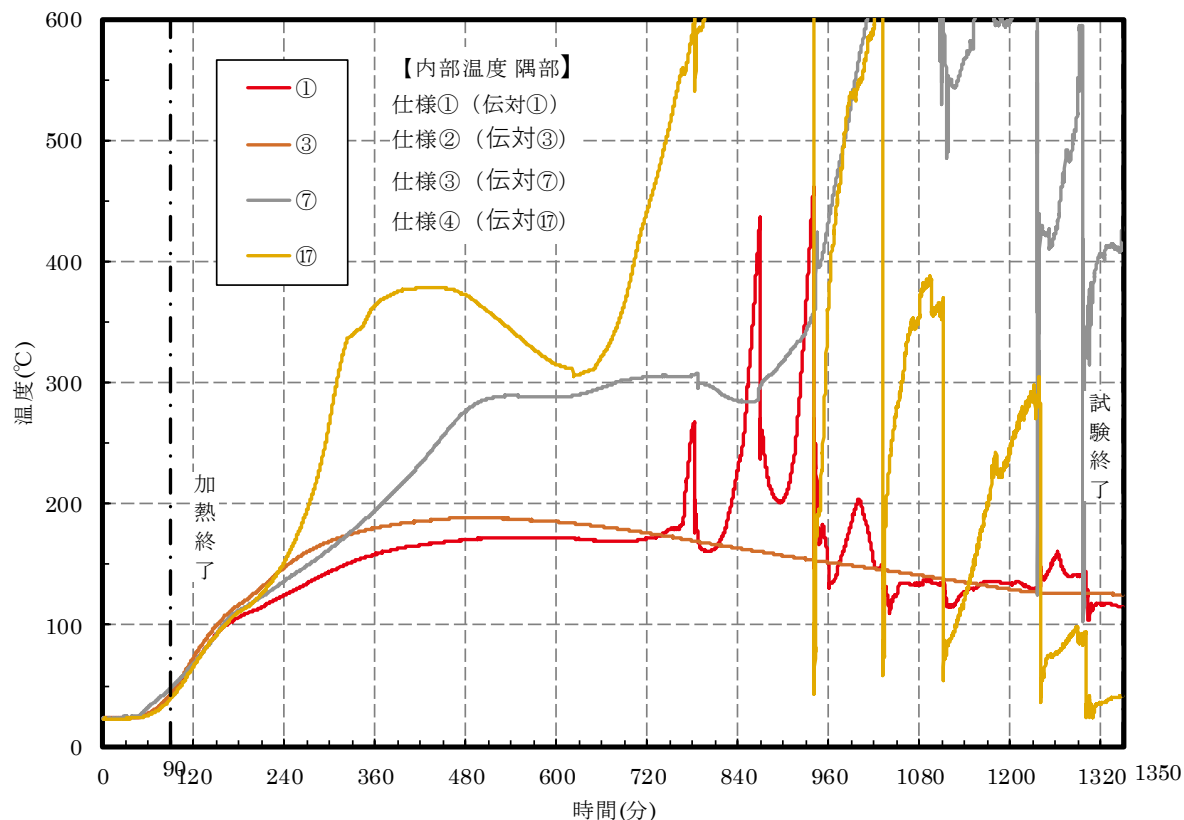


図 4-10 内部温度（部位毎 上半分）

120 分	① 68 度	② 74 度	③ 69 度	④ 67 度
240 分	① 125 度	② 148 度	③ 137 度	④ 152 度
360 分	① 156 度	② 181 度	③ 195 度	④ 365 度
420 分	① 167 度	② 186 度	③ 234 度	④ 379 度

加熱終了時 120 分ではすべての仕様で 70 度前後 とほとんど変わらないが、240 分になると、仕様①の温度が一番低く、仕様④が上昇していた。360 分では仕様④と③の温度が上昇しており、②と①は上昇が緩やかになっている。30mm 厚を別で被覆した③と④は受けた熱を吸収しきれずに荷重支持部材に熱が到達していた。加熱中は表面の 30mm 厚の被覆材が膨れており、被覆材内部に熱が入っていた可能性が高い。

仕様①および仕様②は 90 分耐火柱の隅部被覆仕様として十分な性能を有していたと考えられた。

3.3 90分耐火構造柱（小断面・特大断面）試験

3.3.1 目的

3.2で確認した隅部被覆仕様を基本として、小断面と大断面柱の90分耐火構造性能を確認した。昨年度の2時間耐火柱の取組で課題となった、柱炉での大断面仕様でガスバーナーが試験体表面に近いこと、炉内空間での試験体が占める割合が大きいことなどの一つの解決方法として、炉内の空間を大きくとれる水平炉での検証とした。試験実施日は令和5年7月28日であった。

3.3.2 実験概要

日本建築総合試験所の水平炉を使用し、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」に準拠して非載荷加熱試験を行った。写真 1-1 に水平炉の試験装置写真を示した。



写真 1-1 試験装置写真

(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。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) 測定項目

- ①試験体内部温度
- ②炉内温度
- ③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

④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℃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。

⑤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 3-1～2 と図 3-1～12、写真 3-1～4 に示した。

450×1260 合わせ柱 2 体及び 180 角柱 3 体とした。難燃処理単板積層材の薬剤注入量は 134-160 kg/m³とし、30 mm厚の単板積層材を 2 次接着し、厚 90 mmとした。現場用ウレタン樹脂とビスにて柱に取り付けた。

1. 仕様 1 (偏平特大断面 平部 60mm 中空+隅部役物) 1 体
2. 仕様 2 (偏平特大断面 平部 90mm 厚+隅部勝ち負け) 1 体
3. 仕様 3 (小断面 平部 90mm 厚目地 1 か所+隅部勝ち負け) 2 体
4. 仕様 4 (大断面 平部 90mm 厚目地 1 か所+隅部役物) 1 体

特大断面の荷重支持部材の断面は 450mm×1260mm、合わせ梁はスギ集成材で流通部材の最大はりせいである幅 105mm×せい 450 mm の対称異等級の梁を 12 本並べて接着した。木耐火構造での寸法拡大に使用する荷重支持部材は、通常は工場で 2 次接着・3 次接着した特大断面で構成することが求められるが、納期が 4 ヶ月程度かかるのと、製作費用が過大となるデメリットがある。そこで流通断面部材を使用して納期と費用を短縮した。梁同士の接着は、現場用のウレタン接着剤を表面に塗布して 180mm 長の半ネジビスで緊結した。梁同士の表面での不陸はほとんどないことを確認した。

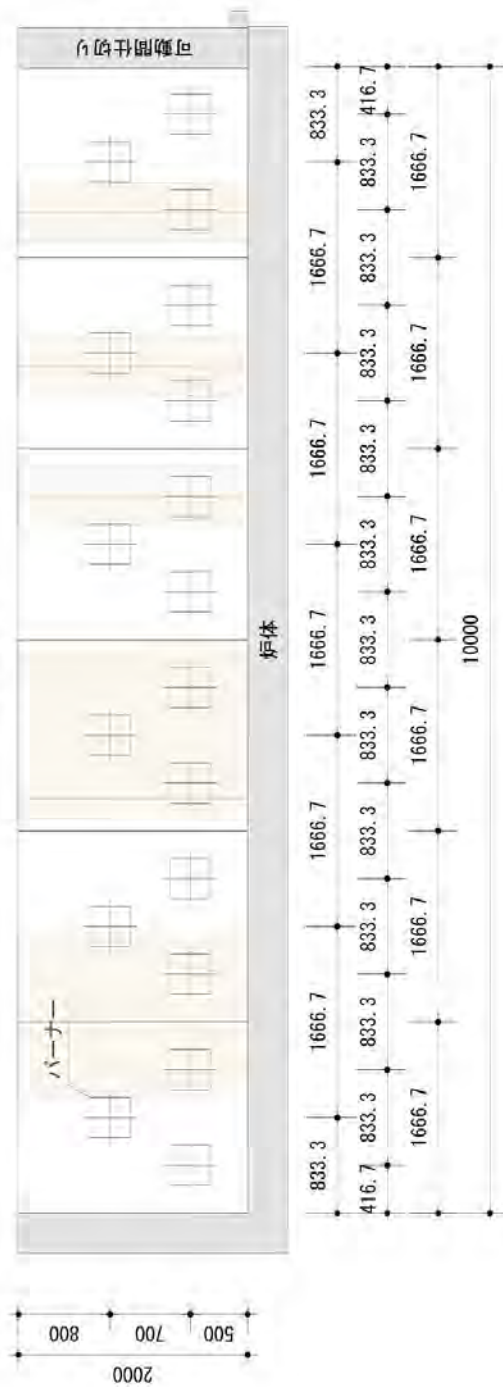
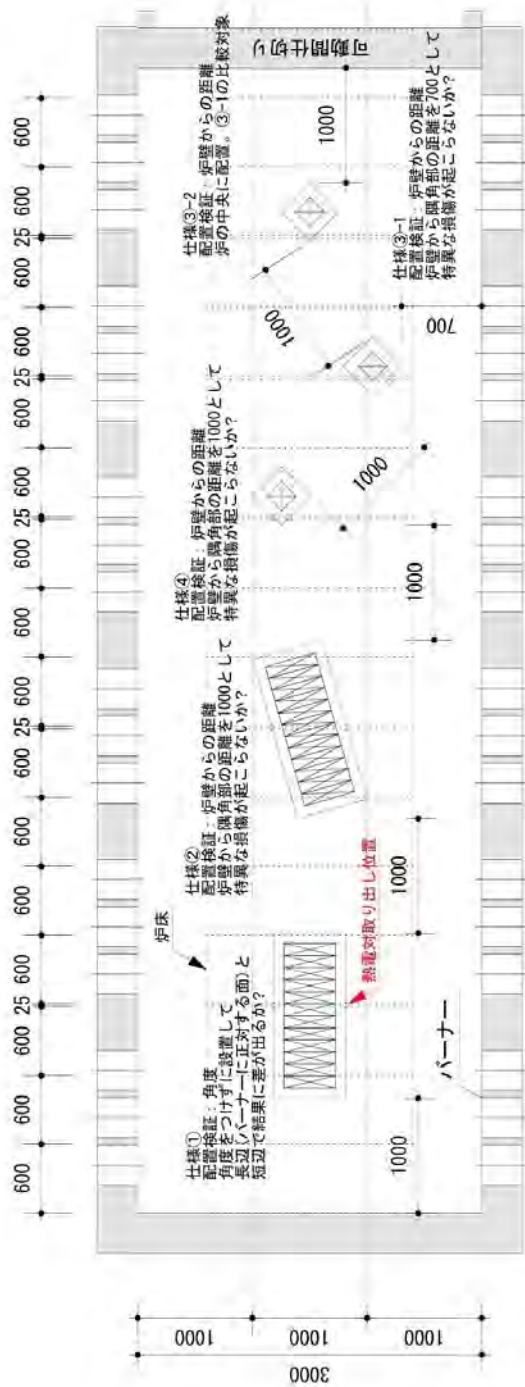
1 と 2 は角度をつけても平行にしても耐火性能が問題ないことを確認するためだったので本来ならば 1 と 2 の被覆は同一にすべきであったかもしれないが、被覆仕様の検討を優先した経緯があった。

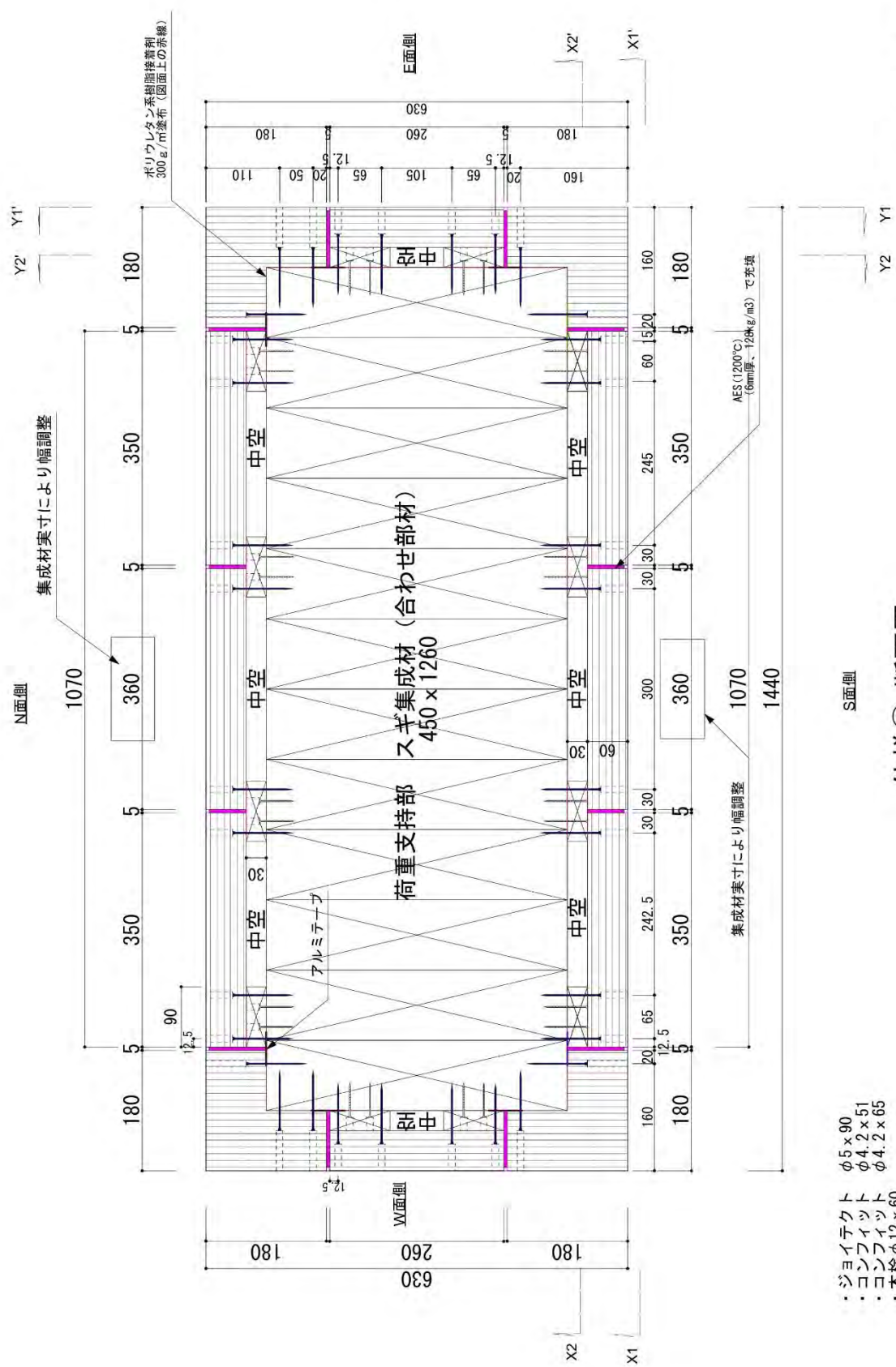
表 3-1 試験体構成材料 (寸法単位:mm)

項 目	試験体の構造
荷重支持部材	・材質 構造用集成材 ・樹種 スギ ・密度 0.39g/cm^3(気乾、実測値) ・断面寸法 450×1260 (105×450 の 12 枚合わせ柱)、180×180
被覆材	・材質 りん・窒素系薬剤処理単板積層材 ・薬剤含浸量 $134\text{-}160\text{kg/m}^3$ ・厚さ 90(厚さ 30 の板を積層)

表 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	[1]被覆材留付用 [1]-1 ねじ ・材質 鉄鋼(防錆処理をしたもの) ・寸法 $\phi 5\text{ mm}\times\text{L}105\text{ mm}$ ・留付間隔 200 以下 [1]-2 接着剤 ・材質 ウレタン系樹脂接着剤 ・塗布量 300g/m^2 [1]-3 木栓 ・材質 ブナ(広葉樹) ・寸法 $\phi 12$
表面塗装	なし



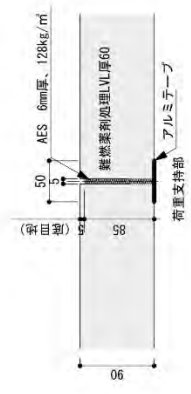


- ・ジョイデクト
φ5 x 90
- ・コンファイット
φ4.2 x 51
- ・コンファイット
φ4.2 x 65
- ・木栓φ12 x 60
- ・木栓φ12 x 40
- ・木栓φ10 x 20

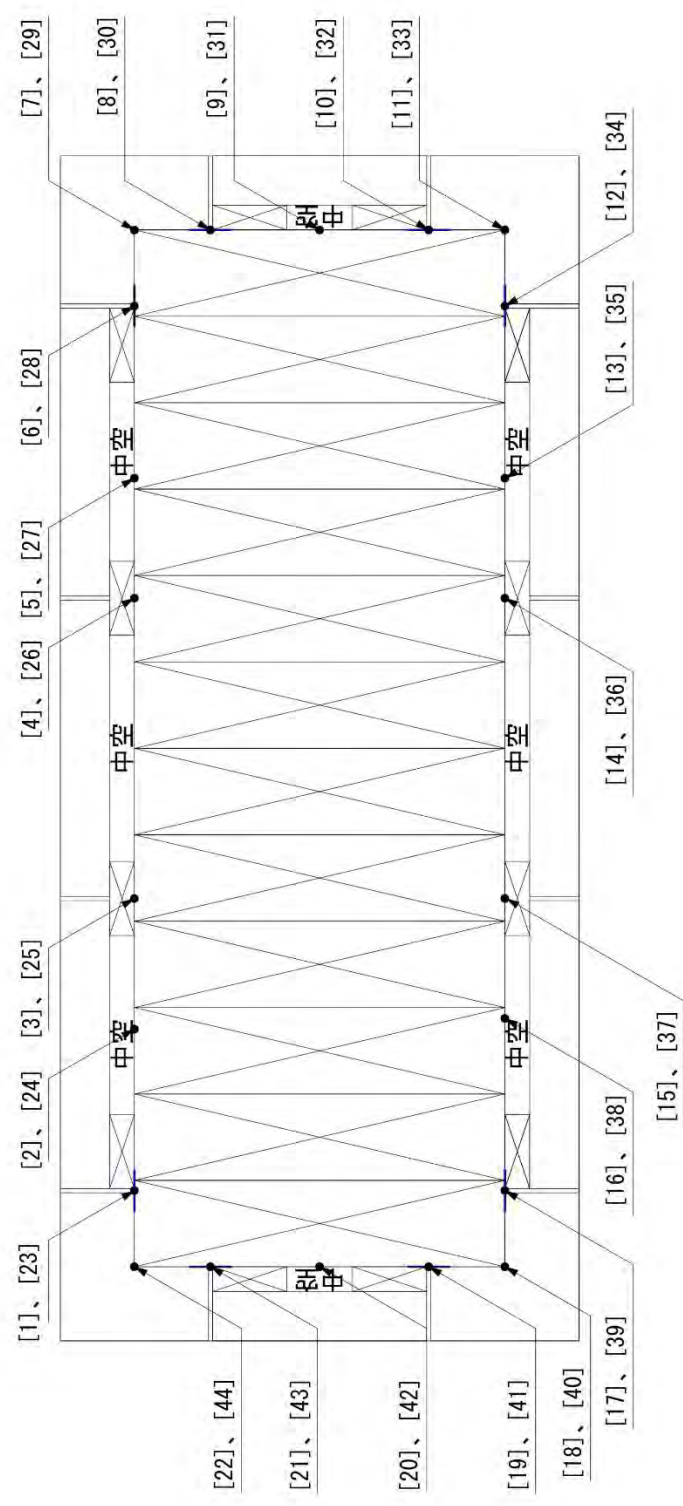
仕様① 断面図

図 3-1 試験体の構造及び寸法

20230718



熱処理処理VI目地部詳細図



仕様① 熱電対の断面図

20230718

図 3-2 試験体の構造及び寸法

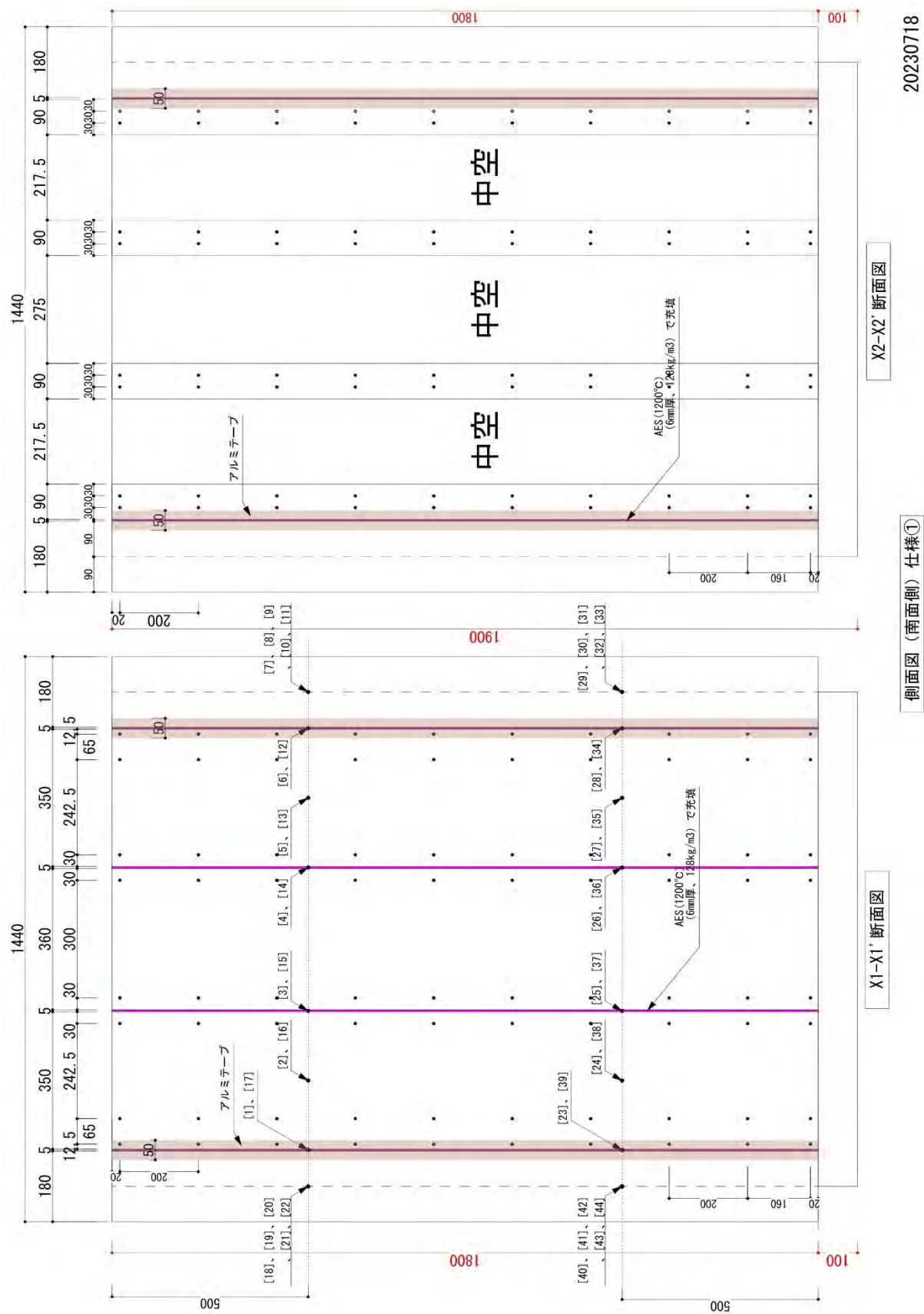


図 3-3 試験体の構造及び寸法

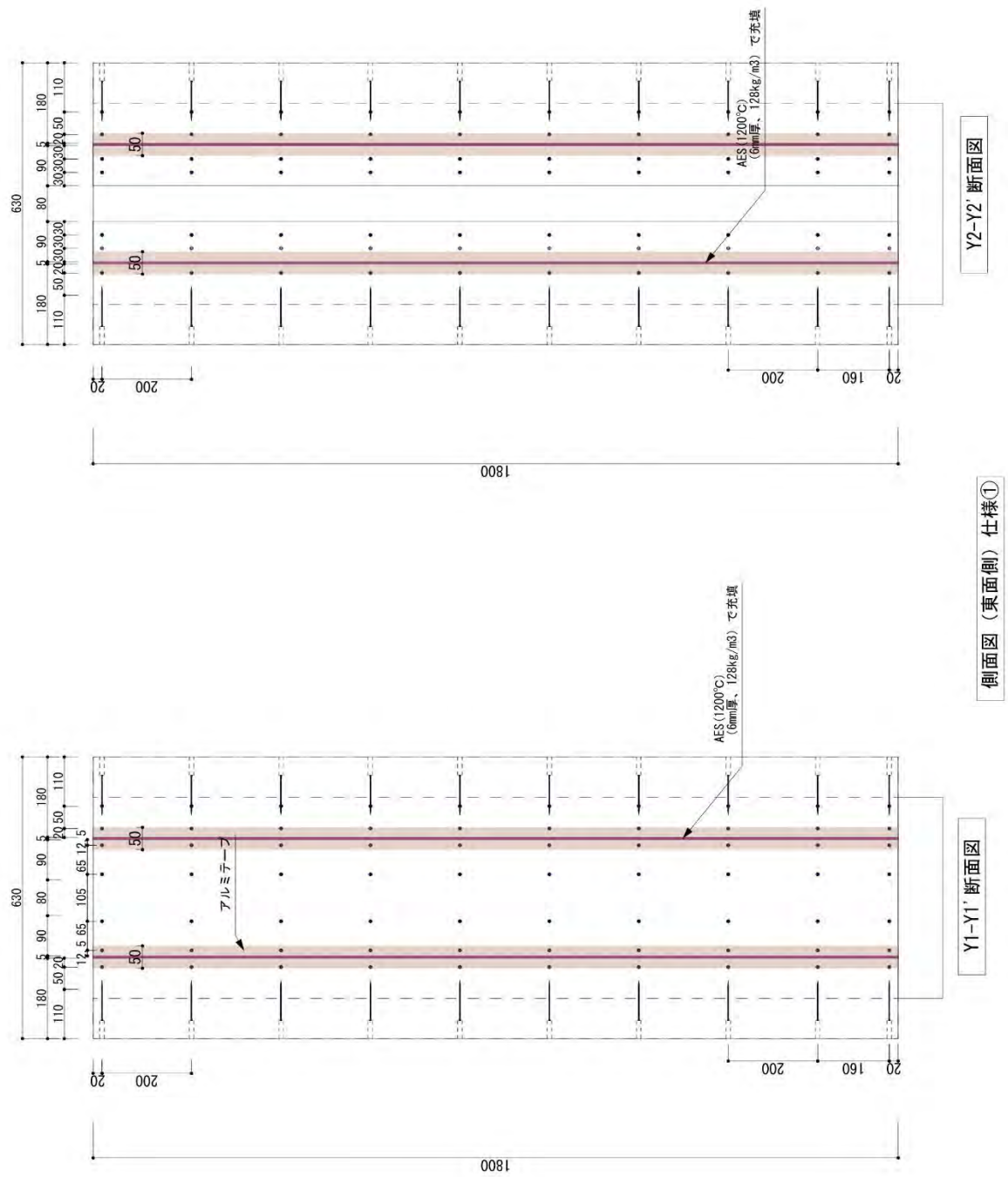
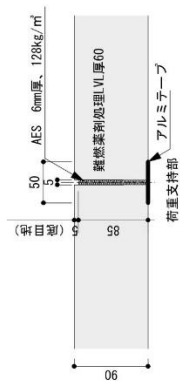


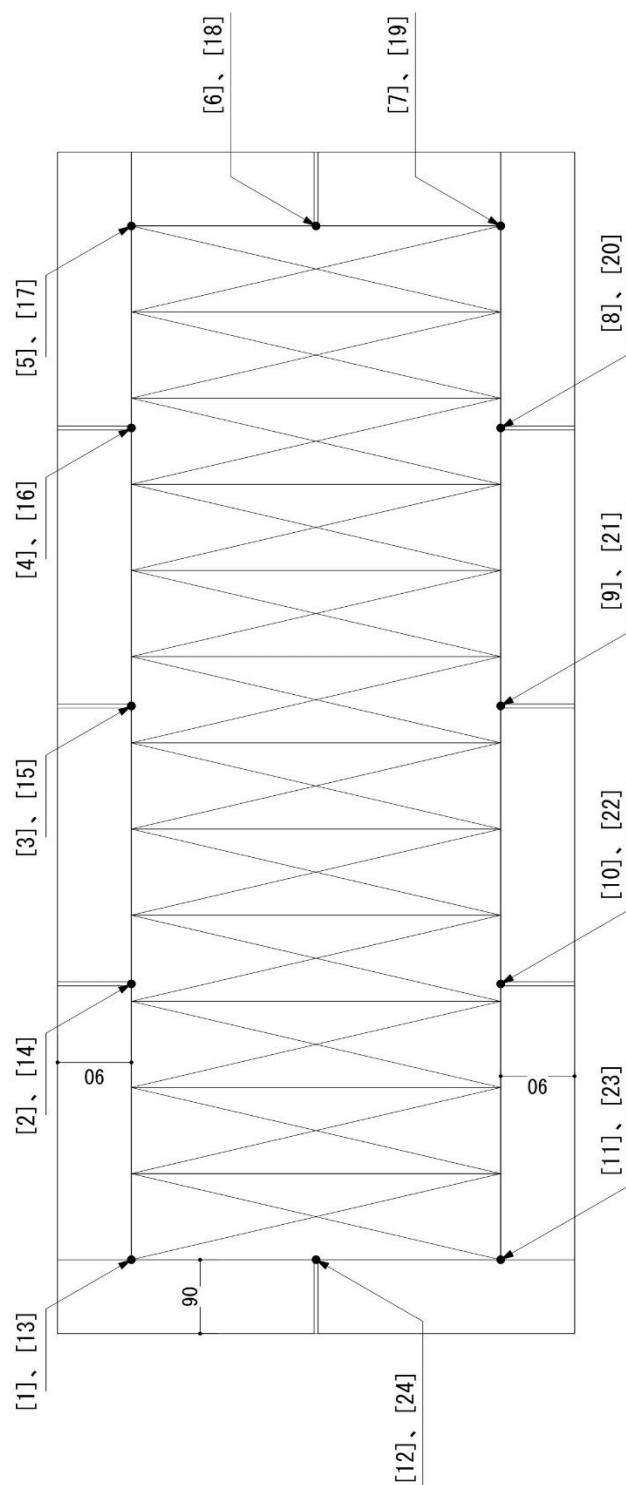
図 3-4 試験体の構造及び寸法



図3-5 試験体の構造及び寸法



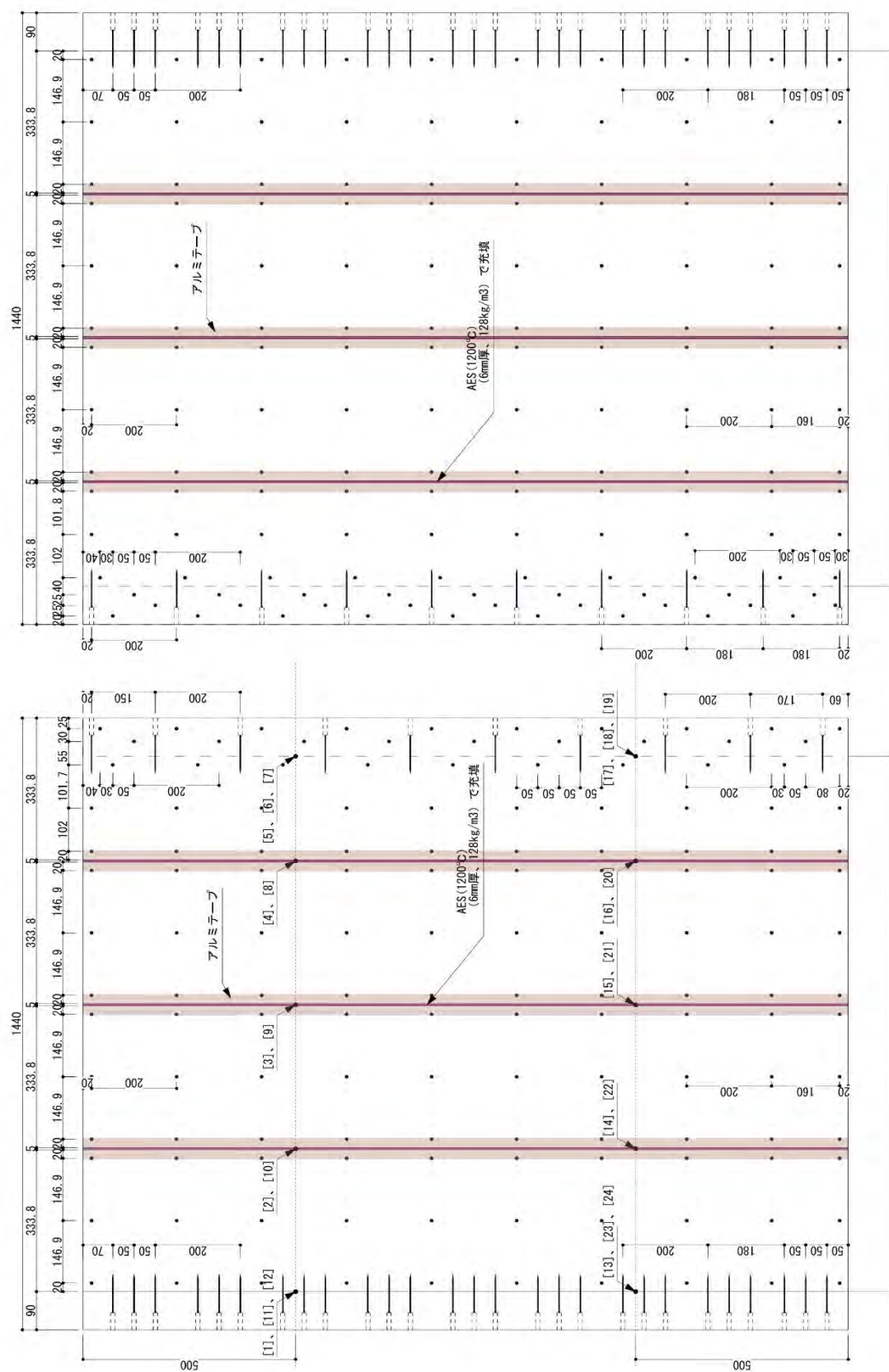
熱処理済処理VL目目部詳細図



仕様② 熱電対断面

図 3-6 試験体の構造及び寸法

20230718



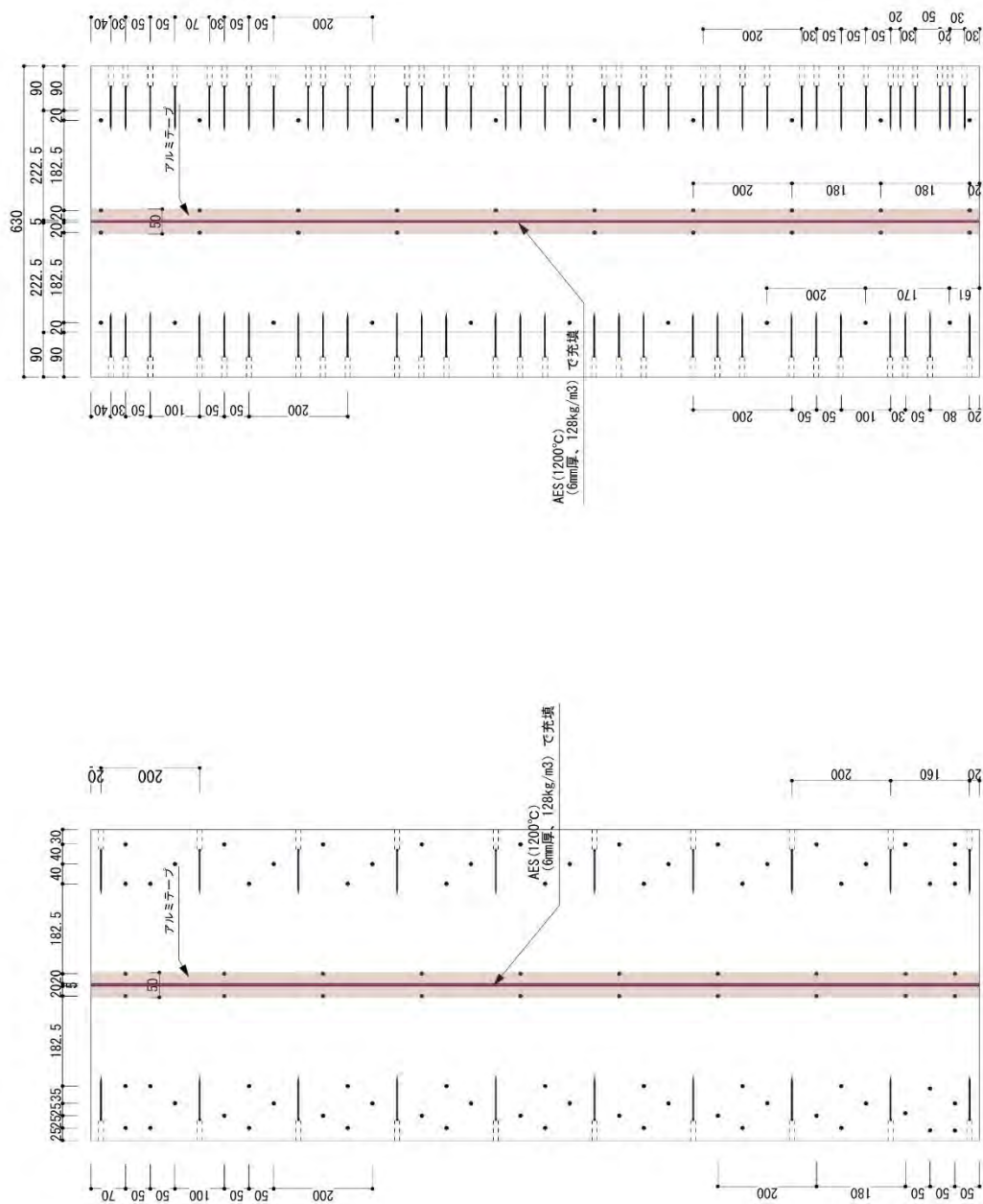
側面図 (南面側)

仕様②

側面図 (北面側)

20230718

図 3-7 試験体の構造及び寸法



側面図 (西面側)

仕様②

側面図 (東面側)

図 3-8 試験体の構造及び寸法

※試験体長さは1800mmとします。
 ※接着剤はオーシカ セックファイler-20とします。
 ※接着剤塗布量は300g/m²とします。
 →1面あたり243g程度

※ビスはパネリードⅡ P6-135Ⅱ＋
 3列@300程度で想定しています。
 ※坦木は無し、全層10mm程度ビスをめり込ませます。

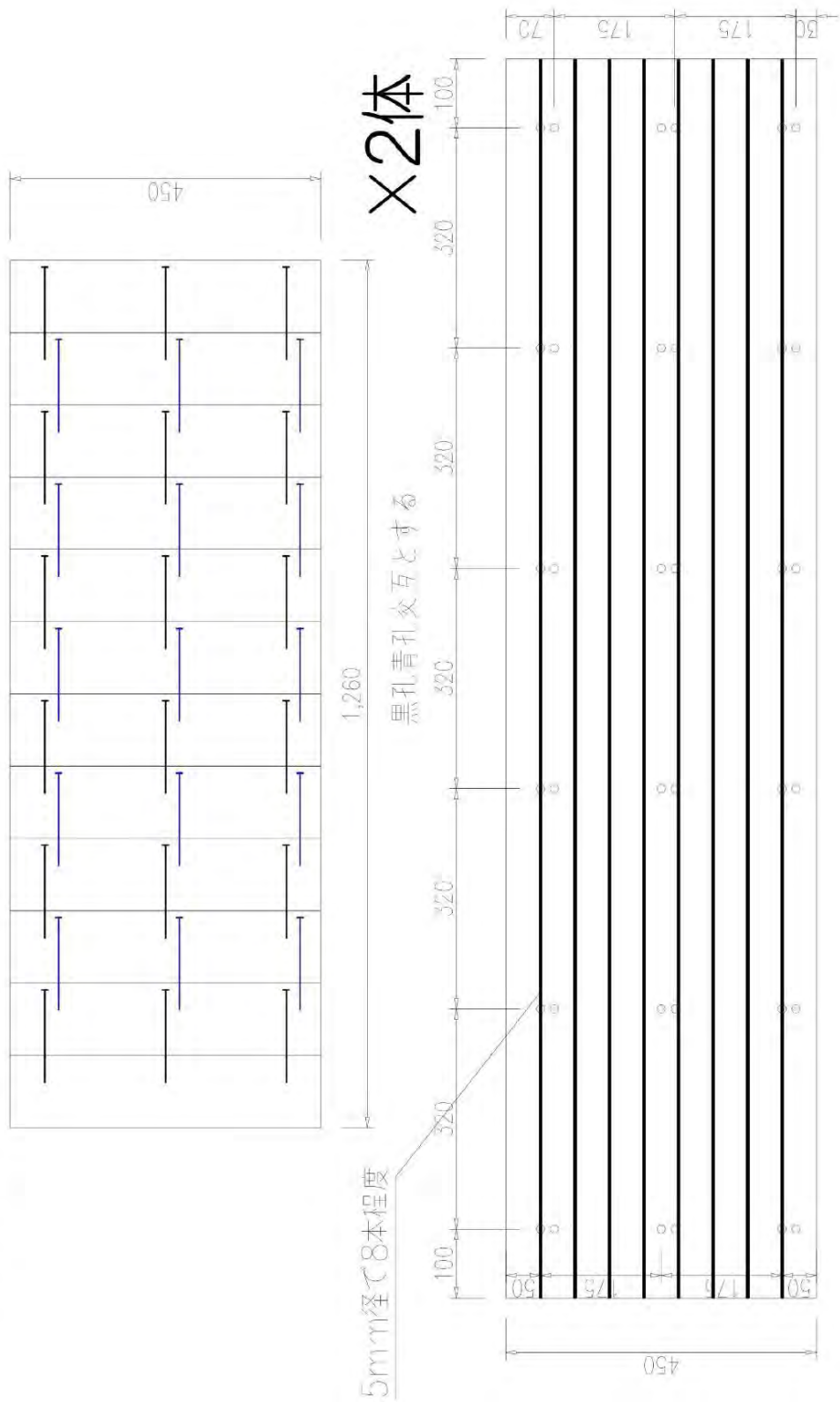
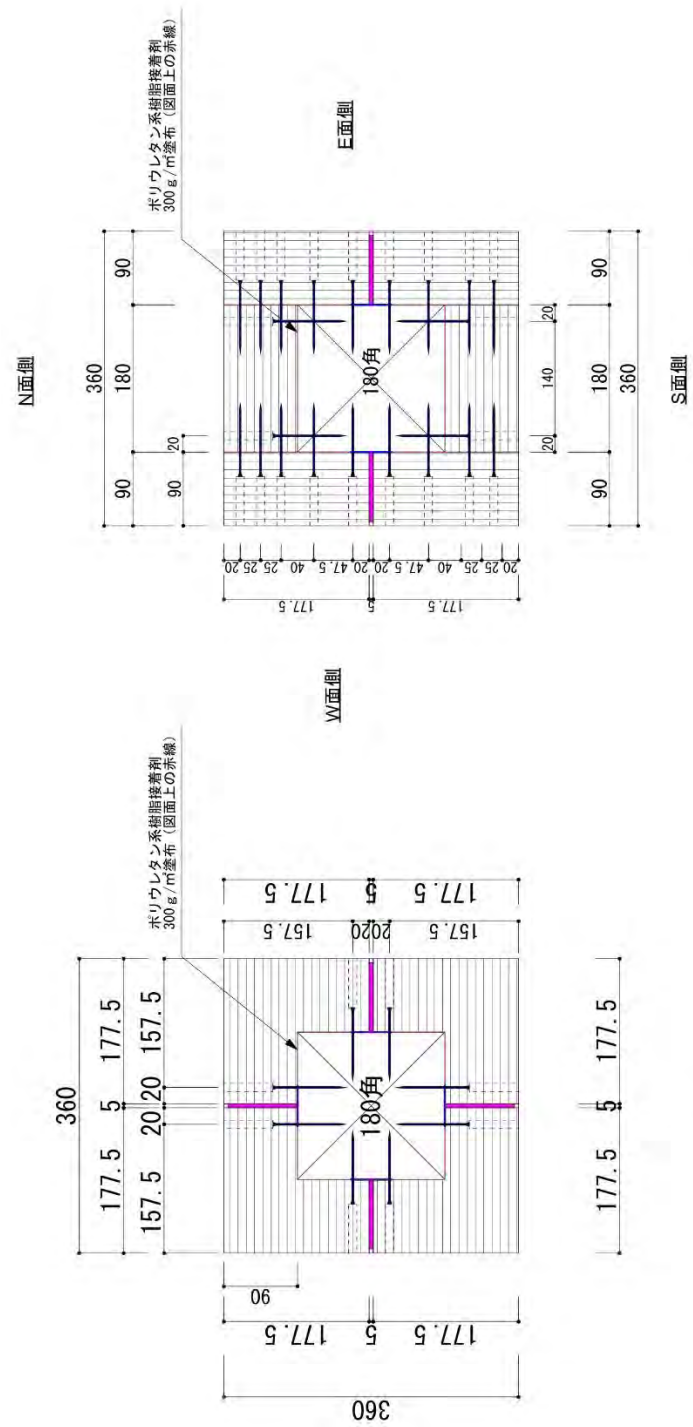


図 3-9 試験体の構造及び寸法



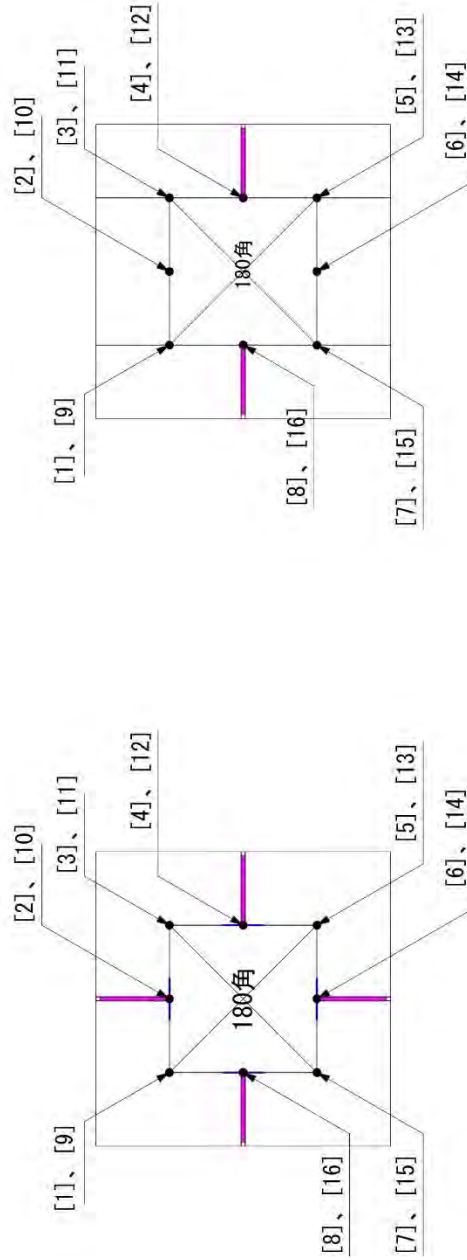
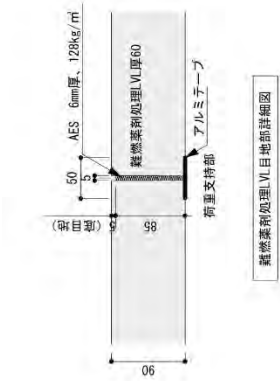
仕様③ 2体

仕様④

断面図

図 3-10 試験体の構造及び寸法

20230718



仕様④

仕様③ 2体

熱電対断面

図 3-11 試験体の構造及び寸法

20230718

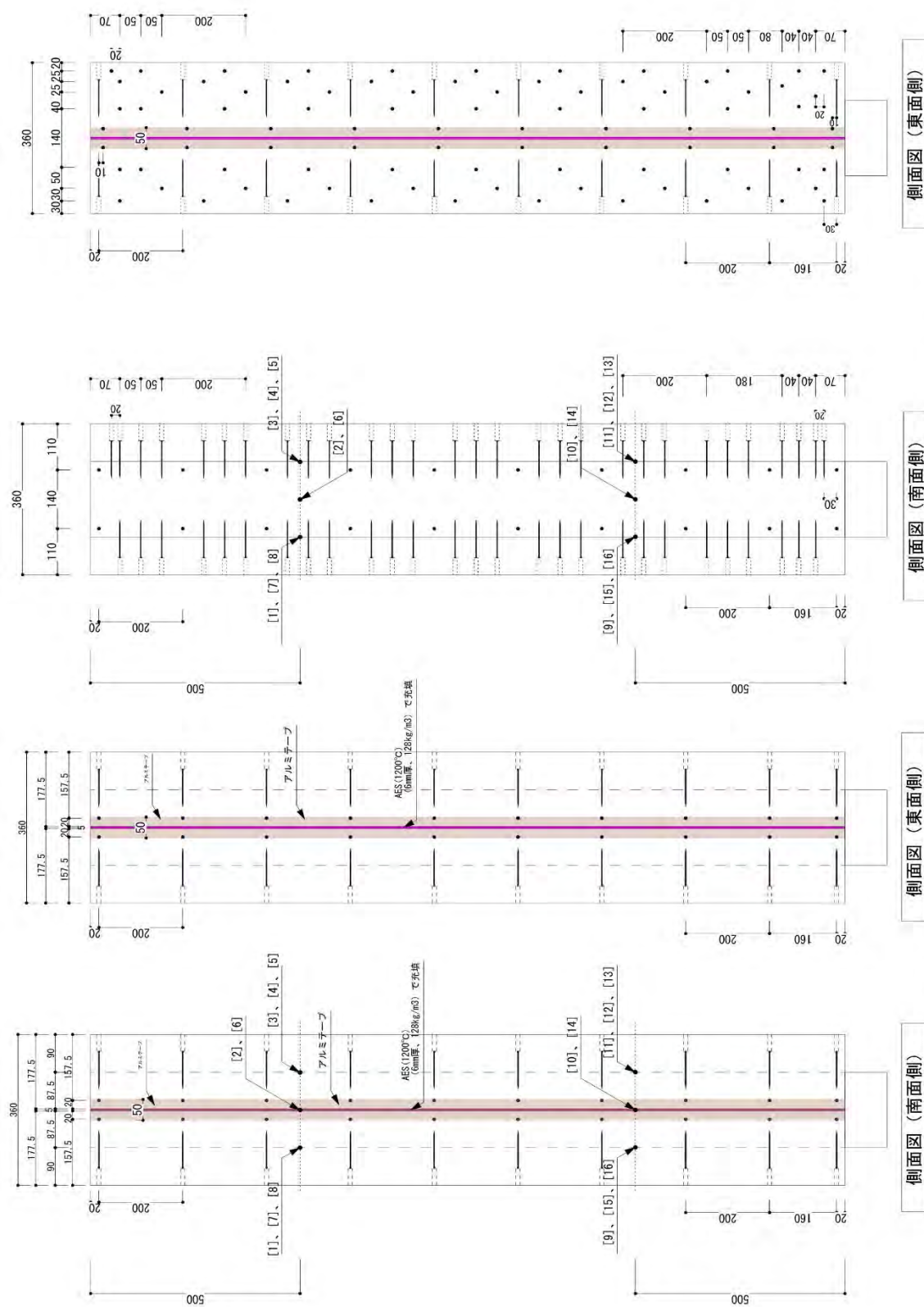


図 3-12 試験体の構造及び寸法

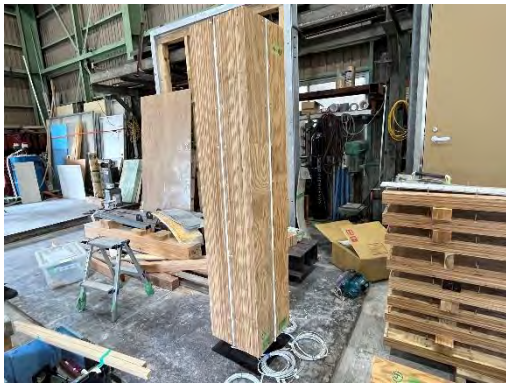


写真 3-1 製作時の様子

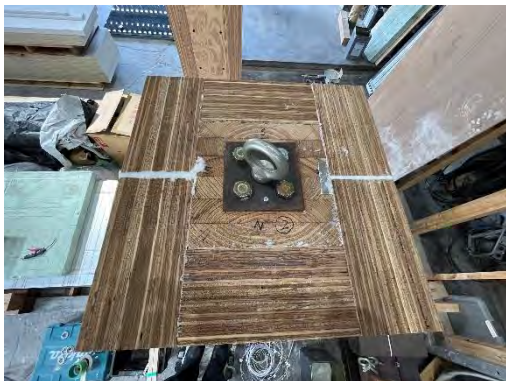
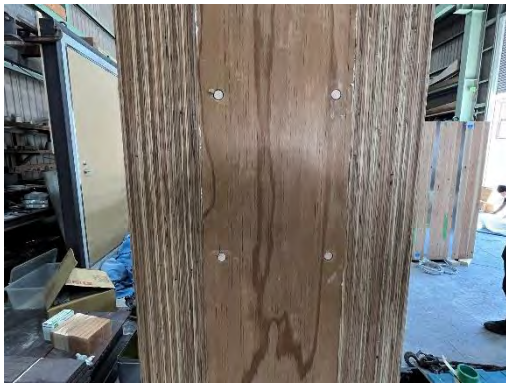


写真 3-2 製作時の様子

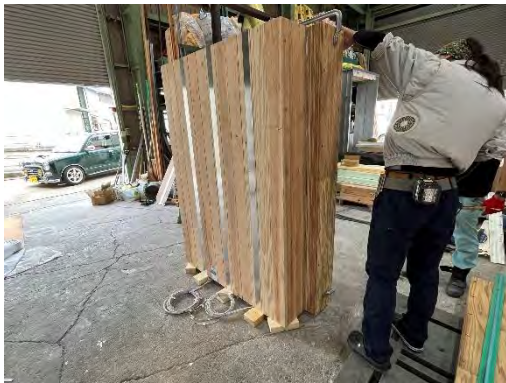


写真 3-3 製作時の様子

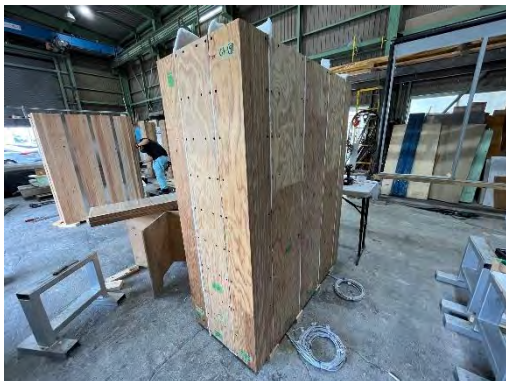
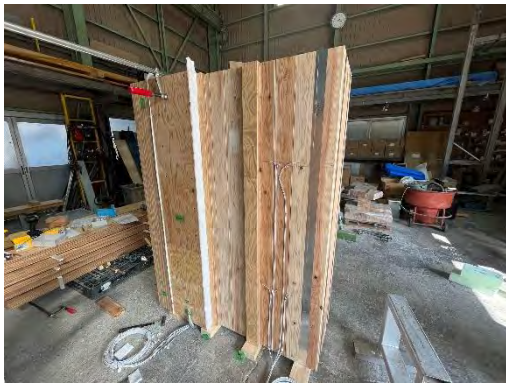


写真 3-4 製作時の様子

3.3.4 結果及び考察

(1) 結果

10時30分に加熱を開始し、90分後の12時00分に加熱を終了し、後追いに入った。加熱開始後1350分で試験を終了し脱炉した。加熱温度測定結果を図4-1、熱電対の内部温度曲線を図4-2～図4-11に示した。記録写真を写真4-1～写真4-91に示した。

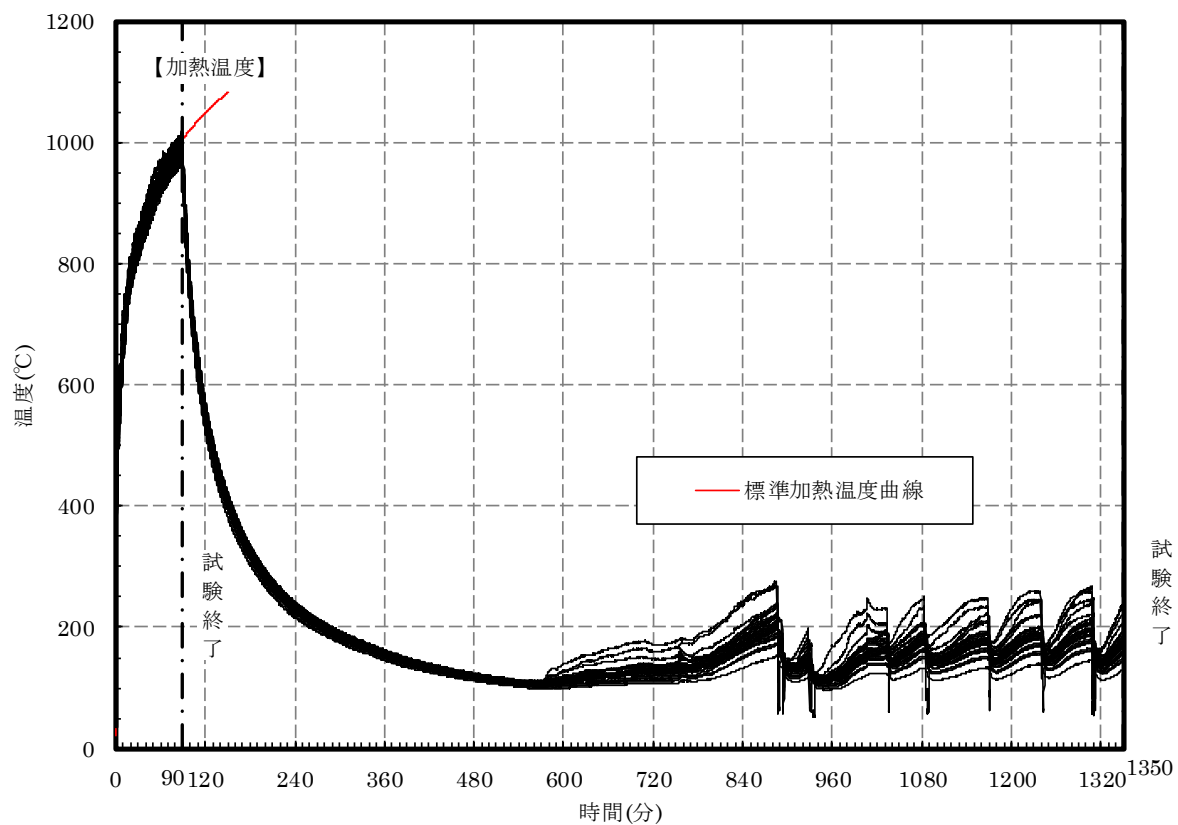


図 4-1 加熱温度測定曲線

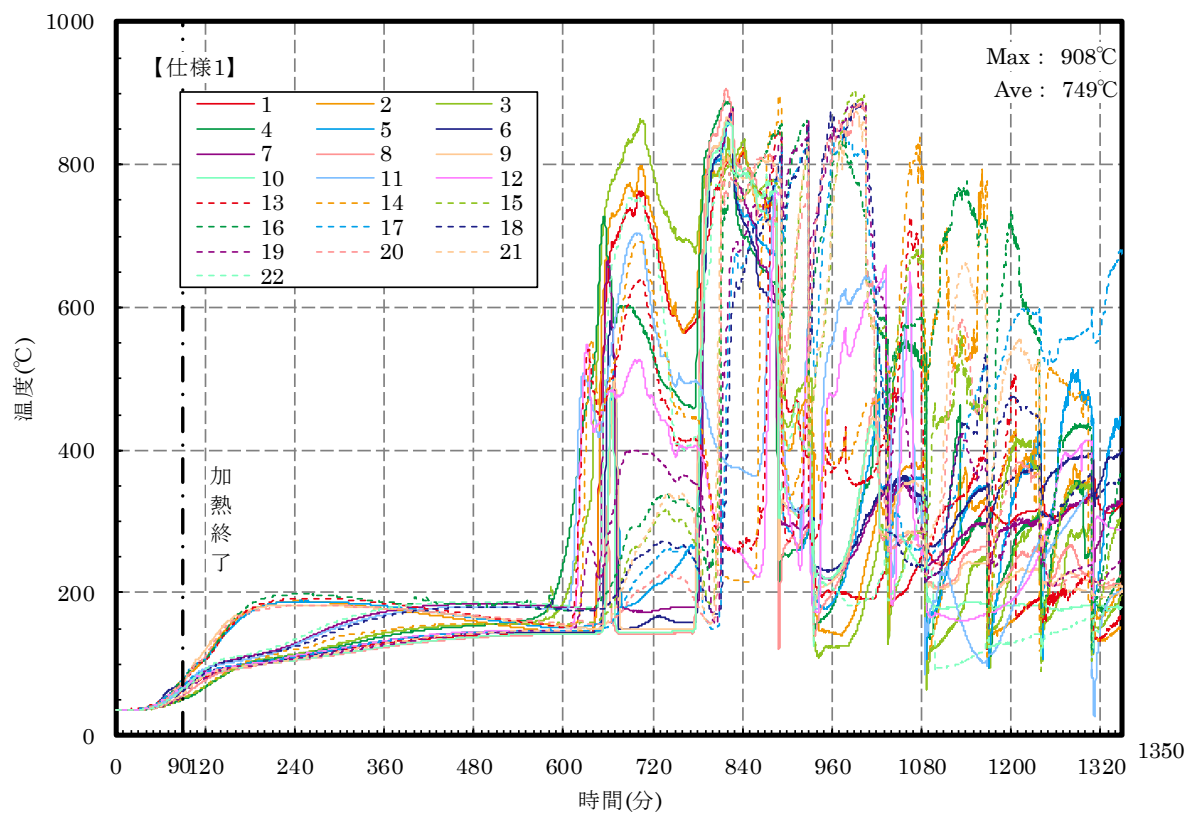


図 4-2 内部温度測定曲線（部位毎）仕様 1 上側

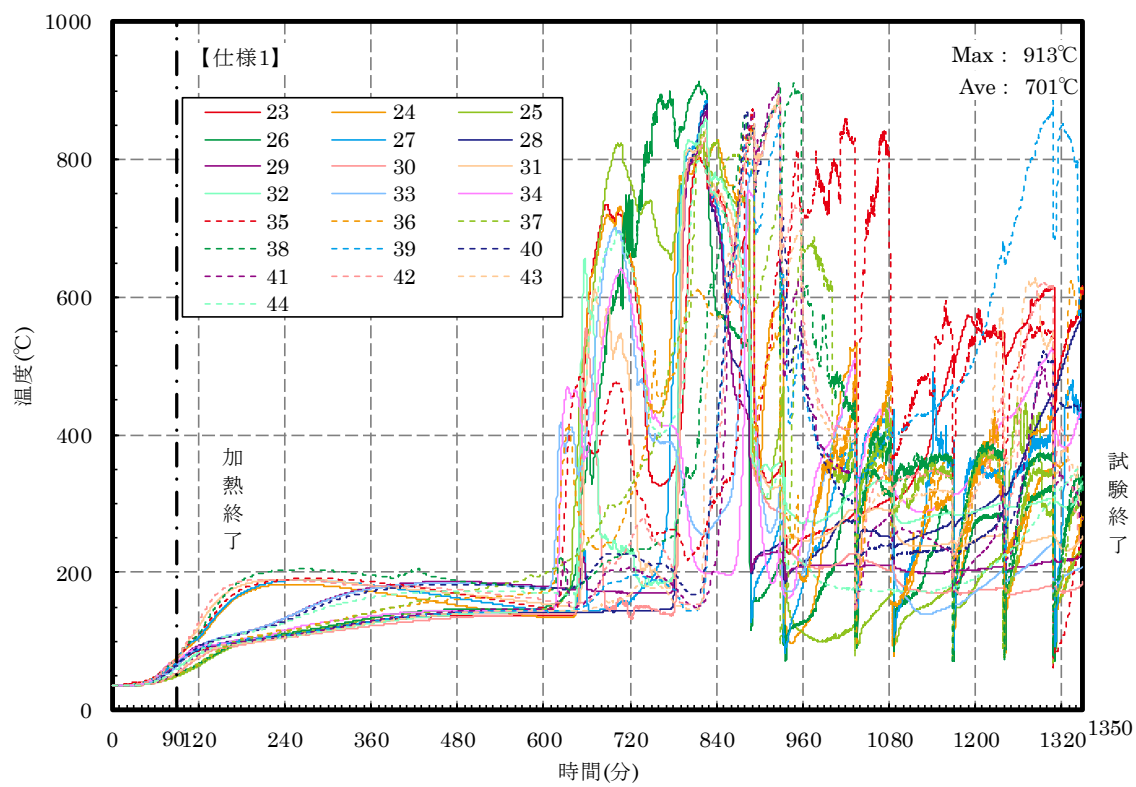


図 4-3 内部温度測定曲線（部位毎）仕様 1 下側

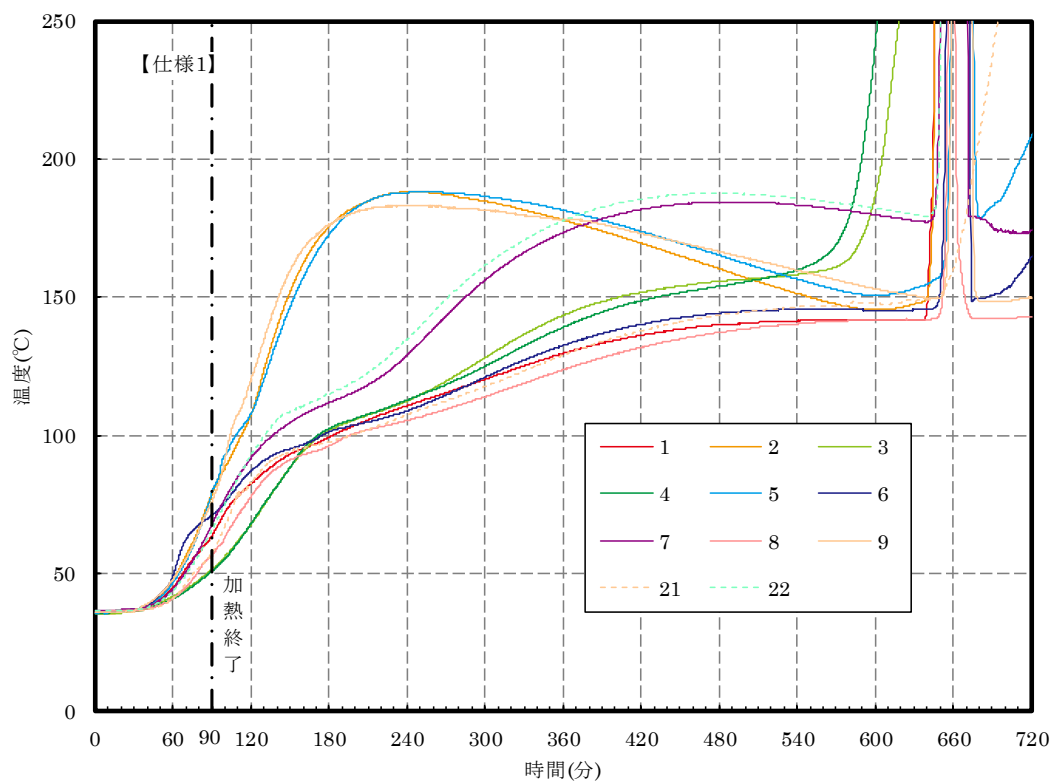


図 4-4 内部温度測定曲線（部位毎）仕様 1 上側

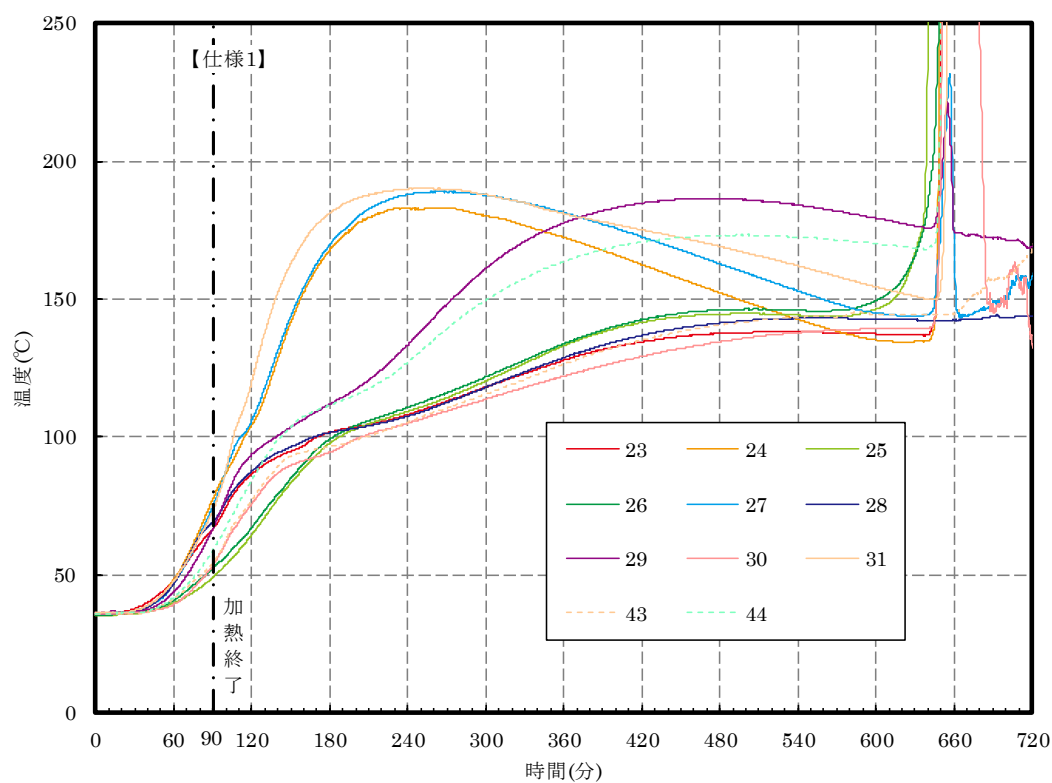


図 4-5 内部温度測定曲線（部位毎）仕様 1 下側

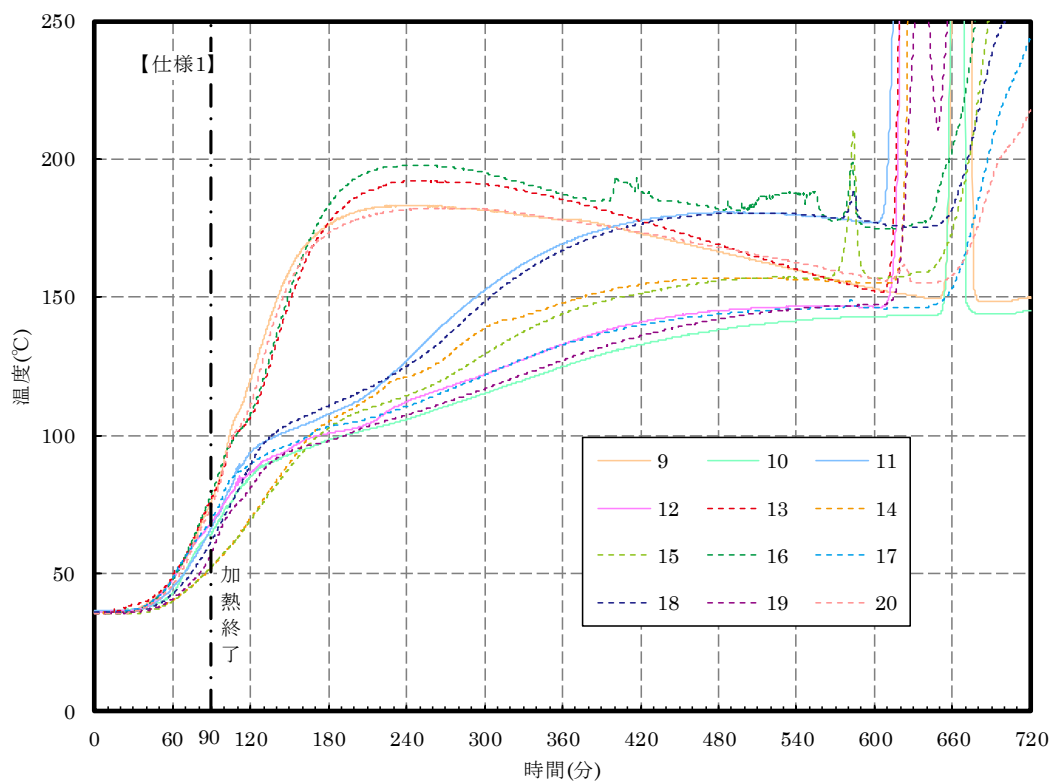


図 4-6 内部温度測定曲線（部位毎）仕様1 上側

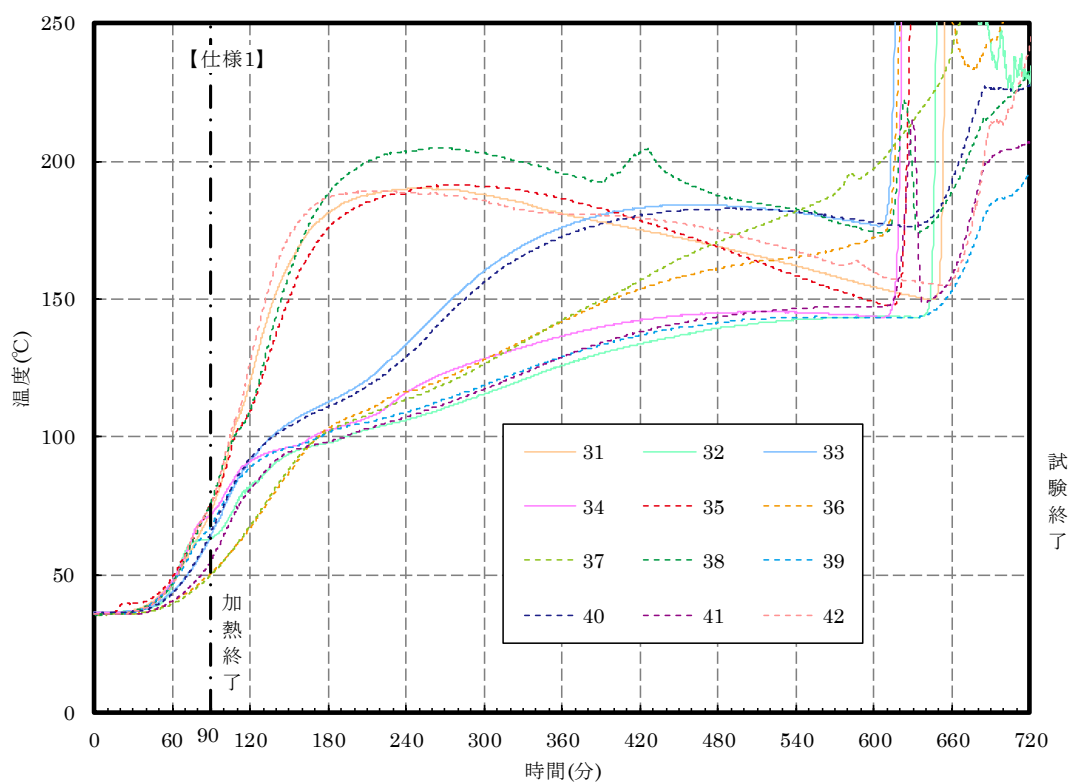


図 4-7 内部温度測定曲線（部位毎）仕様1 下側

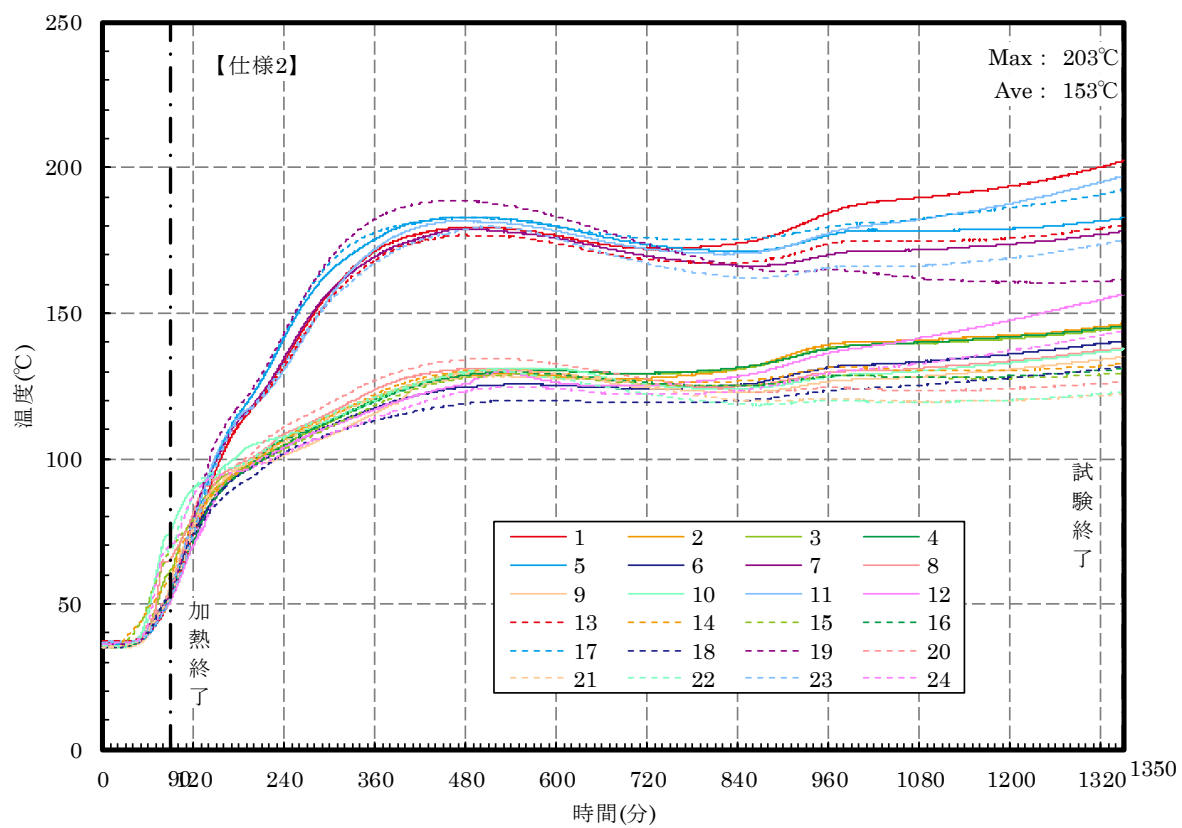


図 4-8 内部温度測定曲線（部位毎）仕様 2

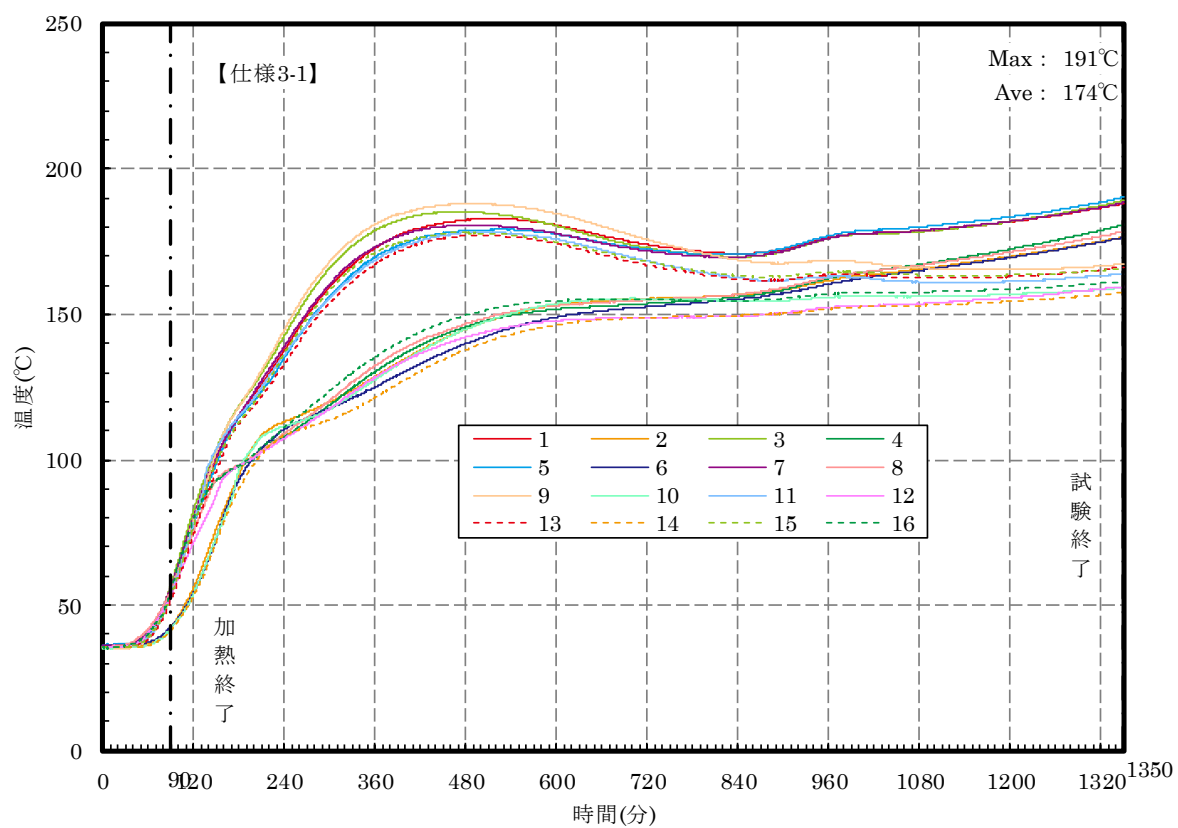


図 4-9 内部温度測定曲線（部位毎）仕様 3－1

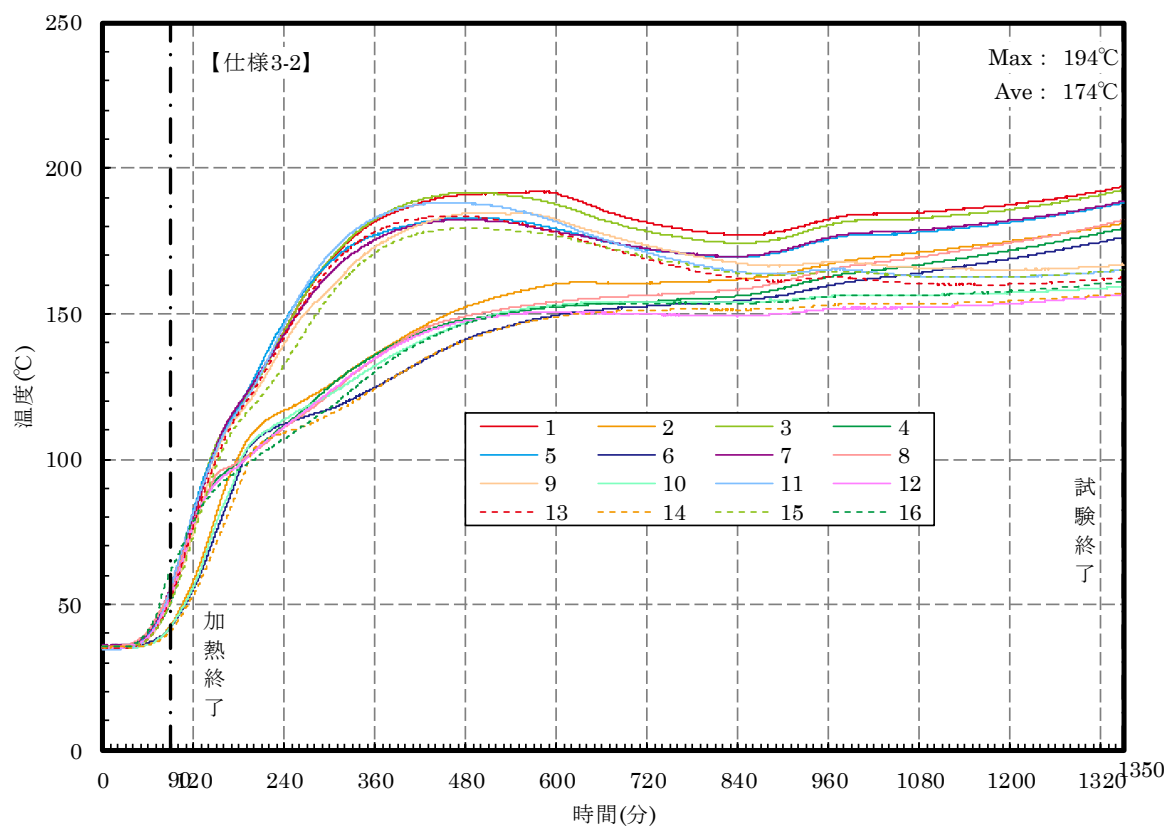


図 4-10 内部温度測定曲線（部位毎）仕様 3－2

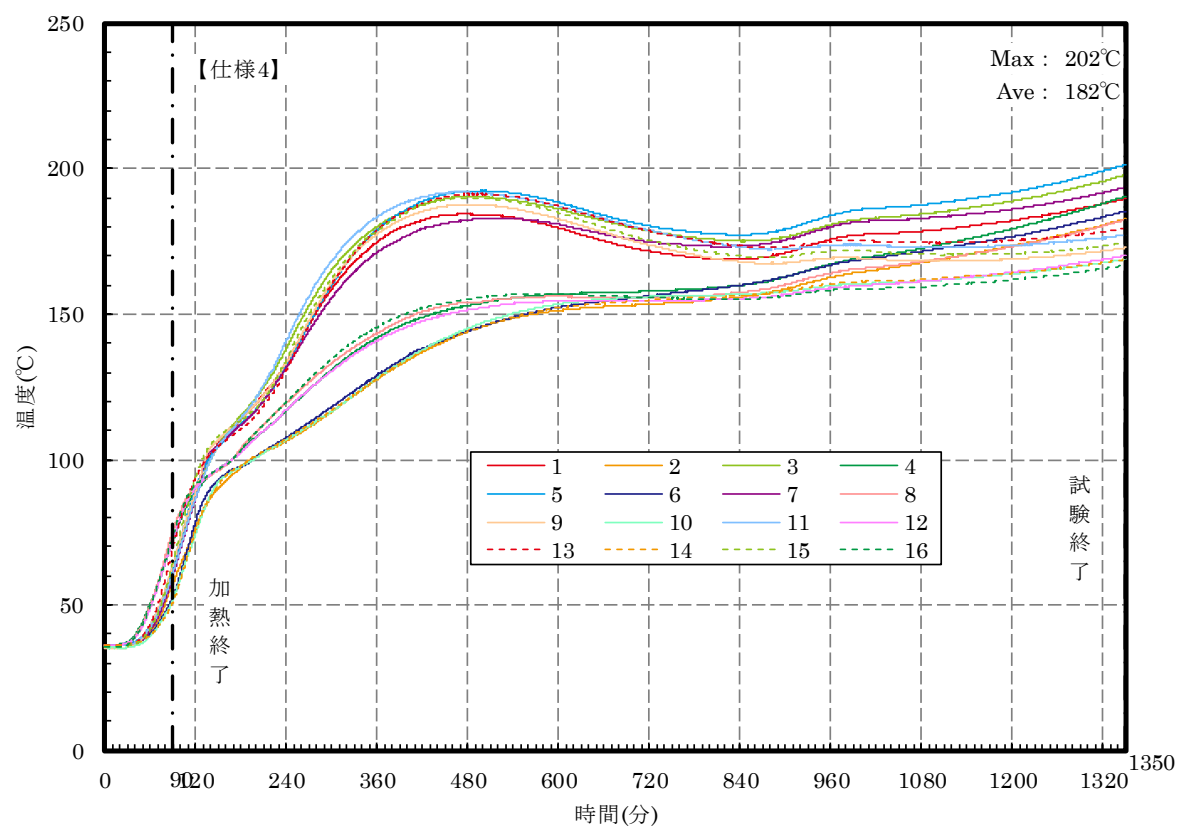


図 4-11 内部温度測定曲線（部位毎）仕様 4



写真 4-1 試験体全体（加熱前）



写真 4-2 試験体（加熱前 仕様③-2）

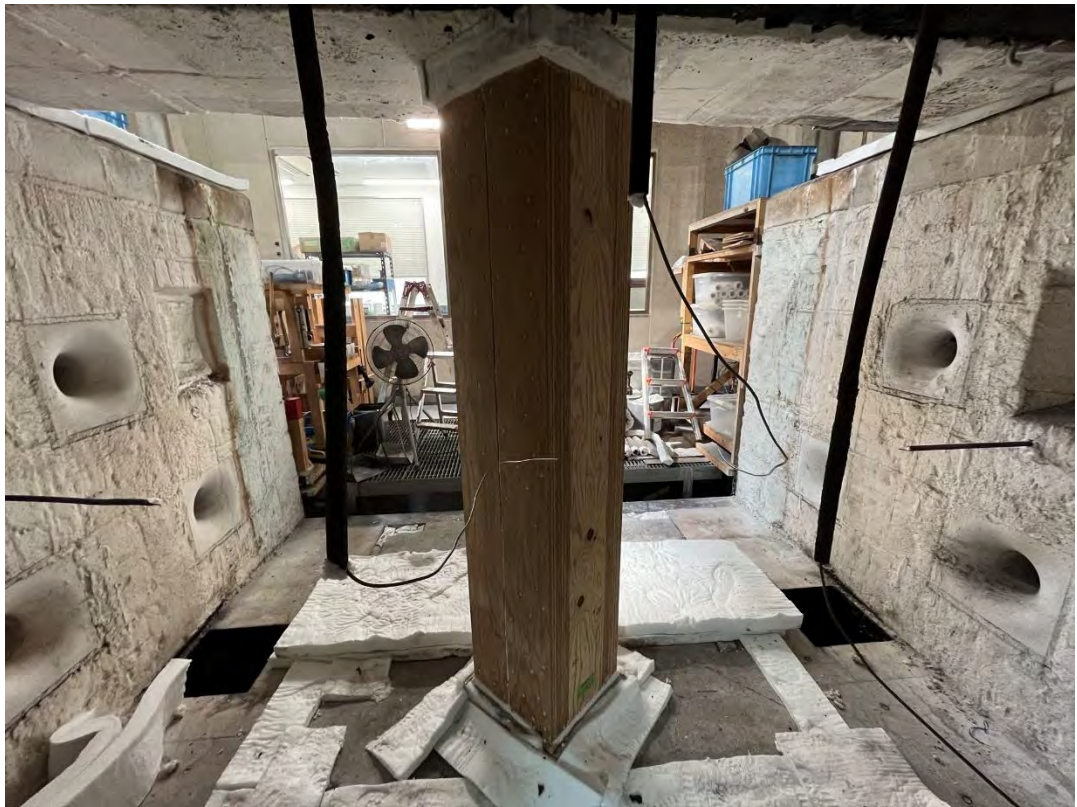


写真 4-3 試験体（加熱前 仕様③-2）



写真 4-4 試験体（加熱前 仕様③-1）



写真 4-5 試験体（加熱前 仕様③-1）

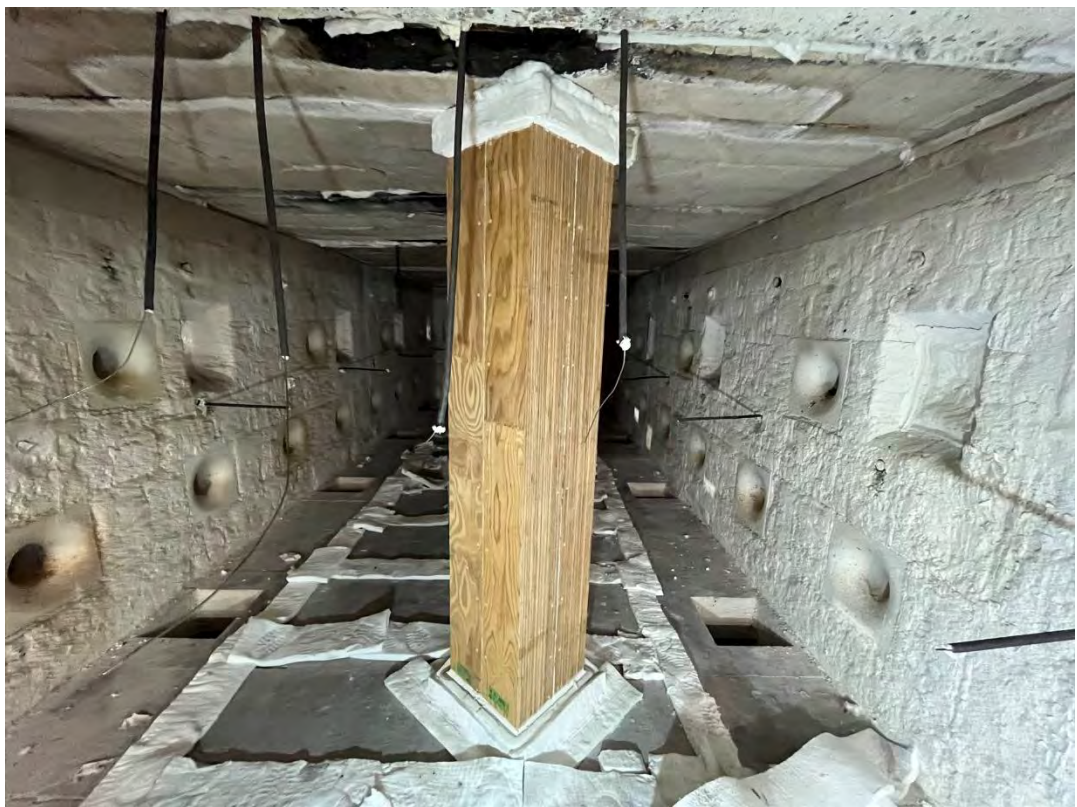


写真 4-6 試験体（加熱前 仕様④）



写真 4-7 試験体（加熱前 仕様④）



写真 4-8 試験体（加熱前 仕様②）



写真 4-9 試験体（加熱前 仕様②）



写真 4-10 試験体（加熱前 仕様①）



写真 4-11 試験体（加熱前 仕様①）



写真 4-12 加熱 10 分後 仕様②側面

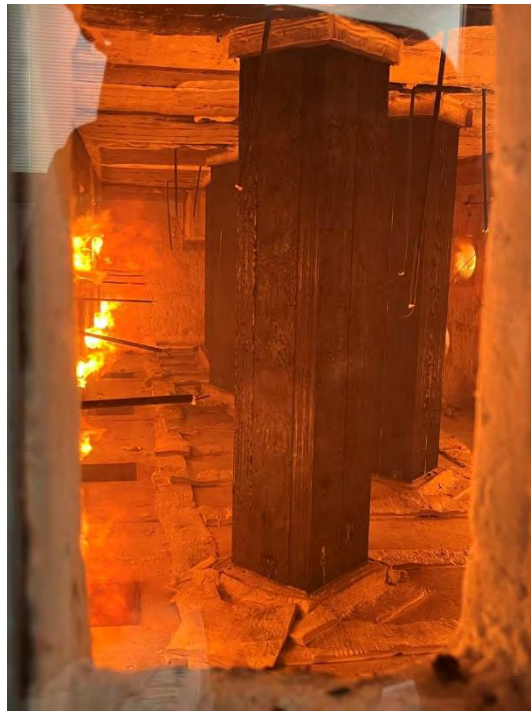


写真 4-13 加熱 10 分後 仕様③-1、④



写真 4-14 加熱 10 分後 仕様③-1、④



写真 4-15 加熱 87 分後 仕様②側面



写真 4-16 加熱 87 分後 仕様③-1、④



写真 4-17 加熱 87 分後 仕様③-1、④



写真 4-18 脱炉後 仕様①



写真 4-19 仕様① E 面



写真 4-20 仕様① S 面



写真 4-21 仕様① W 面



写真 4-22 仕様① N 面



写真 4-23 仕様① S 面



写真 4-24 仕様① N 面



写真 4-25 仕様① S面 上部



写真 4-26 仕様① S面 上部



写真 4-27 仕様① S面 上部



写真 4-28 仕様① S面 下部



写真 4-29 仕様① S面 下部



写真 4-30 仕様① N面 上部



写真 4-31 仕様① N面 上部



写真 4-32 仕様① N面 上部



写真 4-33 仕様① N面 下部



写真 4-34 仕様① N面 下部



写真 4-35 仕様① N面 下部



写真 4-36 仕様② E 面



写真 4-37 仕様② S 面



写真 4-38 仕様② W 面



写真 4-39 仕様② N 面

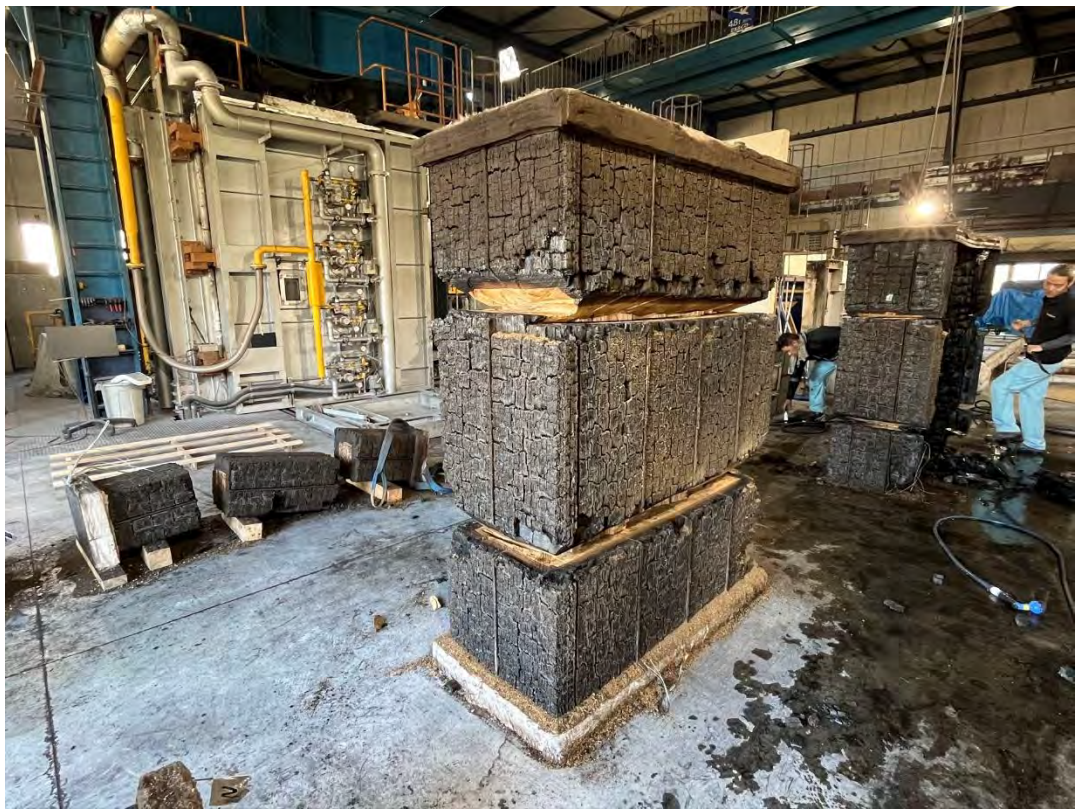


写真 4-40 仕様② NW 面

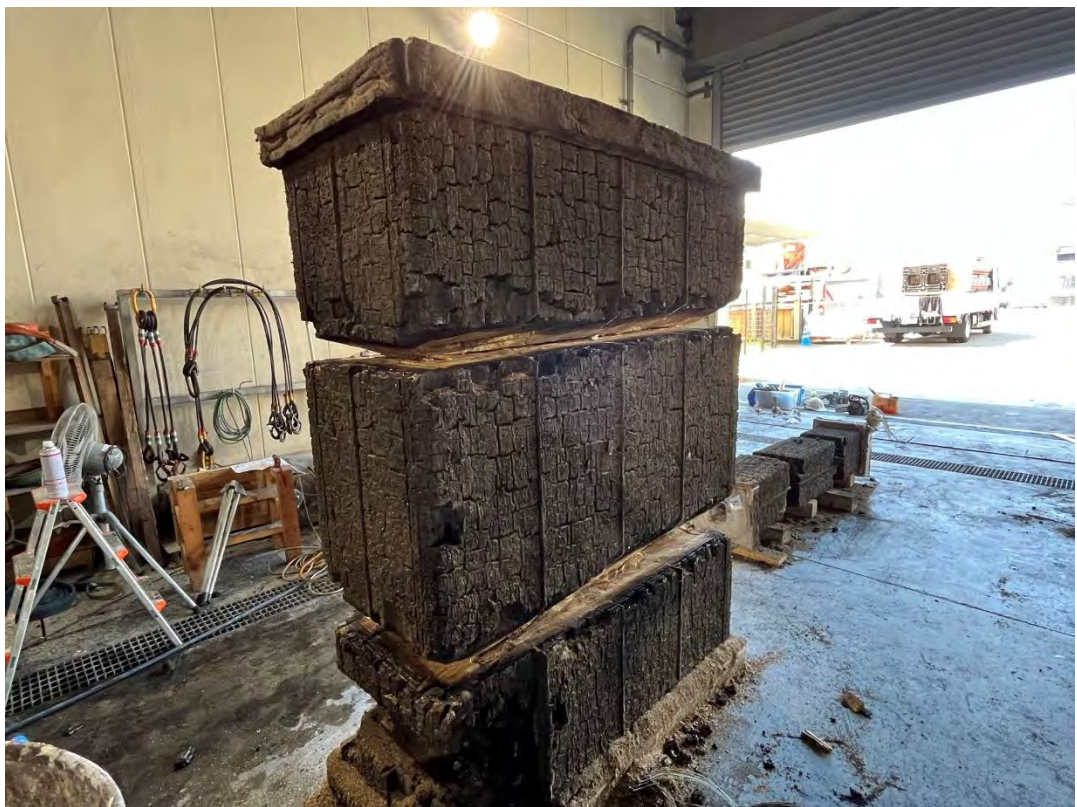


写真 4-41 仕様② SE 面



写真 4-42 仕様② S面 上部



写真 4-43 仕様② S面 上部



写真 4-44 仕様② S面 上部



写真 4-45 仕様② S面 上部



写真 4-46 仕様② S面 下部



写真 4-47 仕様② S面 下部



写真 4-48 仕様② S面 下部



写真 4-49 仕様② S面 下部



写真 4-50 仕様② N面 上部



写真 4-51 仕様② W面 下部



写真 4-52 仕様② E面 上部



写真 4-53 仕様② E面 上部



写真 4-54 仕様② S面 最下部



写真 4-55 仕様② S面 最下部



写真 4-56 仕様② S 面 最下部



写真 4-57 仕様③-1 E 面



写真 4-58 仕様③-1 SE 面



写真 4-59 仕様③-1 S面



写真 4-60 仕様③-1 SW面



写真 4-61 仕様③-1 W面



写真 4-62 仕様③-1 NW面



写真 4-63 仕様③-1 N面



写真 4-64 仕様③-1 NW 面 勝ち側目地



写真 4-65 仕様③-1 NE 面 負け側目地



写真 4-66 仕様③-1 断面カット



写真 4-67 仕様③-1 断面 下側



写真 4-68 仕様③-1 断面 上側



写真 4-69 仕様③-2 E 面



写真 4-70 仕様③-2 SE 面



写真 4-71 仕様③-2 S面



写真 4-72 仕様③-2 SW面



写真 4-73 仕様③-2 W 面



写真 4-74 仕様③-2 NW 面



写真 4-75 仕様③-2 N 面



写真 4-76 仕様③-2 NE 面



写真 4-77 仕様③-2 NE 面 勝ち側目地



写真 4-78 試験体（加熱前）



写真 4-79 試験体（加熱前）



写真 4-80 仕様④ E面



写真 4-81 仕様④ SE面



写真 4-82 仕様④ S 面



写真 4-83 仕様④ SW 面



写真 4-84 仕様④ W 面



写真 4-85 仕様④ NW 面



写真 4-86 仕様④ N 面



写真 4-87 仕様④ S 面 目地 板目面



写真 4-88 仕様④ S 面 目地 積層面



写真 4-89 仕様④ 断面 下部



写真 4-90 仕様④ 断面 上部



写真 4-91 仕様④ 断面カット



写真 4-92 試験後の見分

(2) 考察

10 時 30 分に加熱開始、90 分後に加熱を終了した。仕様 1 が 600 分前後から荷重支持部材が燃え始めた。他仕様への影響を防ぐために、炉蓋を開放して該当部分を水で消火しながら温度測定を継続した。1350 分で測定を終了、脱炉して荷重支持部材の炭化の有無を確認した。

1. 仕様 1 (偏平大断面 平部中空+隅部役物)

平部中空部、隅部役物の角部、胴縁裏、隅部役物の目地裏の順に温度が上昇し、横ばいか下がり始めた。600 分前後から平部中空部の荷重支持部材の温度が上昇しはじめ、燃え始めたことが温度グラフからわかった。脱炉後の試験体を見ると、長辺平部を中心に荷重支持部材が大きく燃え込んでいた。短辺部分の隅部を観察すると、荷重支持部材の平部から燃え込んだことにより隅部まで達した場所以外では、荷重支持部材の炭化は見られなかった。(例えば写真 4-32) 隅部被覆を役物にすることで、特大断面での隅部は 90 分耐火の性能を持つ可能性がある。

2. 仕様 2 (偏平大断面 平部 90mm 厚+隅部勝ち負け)

隅部は 480 分で最大温度 190℃に達したのち温度が低下した。840 分から温度が上昇に転じているが、仕様 1 が燃え始めたことに影響されての温度上昇と推測される。平部は 130℃に達した後、隅部と同様の傾向を示した。脱炉後、荷重支持部材を含んで切れ込みを入れたところ、ほとんどの隅部・平部で柱の炭化は見られなかった。ただ、S 面の最下部の隅部を中心に燃え込みが見られ、特大断面で隅部を勝ち負けにした被覆の 90 分耐火の性能に疑問符がついた。

3. 仕様 3 (小断面 平部 90mm 厚目地 1 か所+隅部勝ち負け)

隅部は 480 分で最大温度 190℃に達したのち温度が低下した。840 分から温度が上昇に転じているが、仕様 2 と同様、仕様 1 が燃え始めたことに影響されての温度上昇と推測される。平部は 150℃から 160℃で最大温度に達したか、達する直前で温度が再び上昇しはじめた。こちらも、仕様 1 が燃え始めたことの影響と思われる。脱炉後に断面をカットしたところ荷重支持部材に炭化は見られなかった。小断面において、隅部勝ち負けと、平部、平部の目地は 90 分耐火性能を持つことがわかった。バーナーとの距離に差をつけた 3-1 と 3-2 とでは大きな違いは見られなかった。

4. 仕様 4 (大断面 平部 90mm 厚目地 1 か所+隅部役物)

隅部は 480 分で最大温度 190℃に達したのち温度が低下した。840 分から温度が上昇に転じているが、仕様 2、3 と同様、仕様 1 が燃え始めたことに影響されての温度上昇と推測される。脱炉後の断面カットでは荷重支持部材に炭化は見られなかった。

3.4 被覆材の役物試作

耐火被覆材の材料コスト削減と作成工程を減らすことを目的として、断面の異なる部材の2次接着の試作を行った。2次接着は通常は同じ断面（幅）の部材を張り合わせ、接着面に対して均一な圧力がかかるようにするが、断面が違うものを張り合わせることはほとんどない。確認することは2次接着の有効性だけのため、貼り合わせる材料は通常手に入る集成材を使用した。

3.2.1 1回目

・2024/01/18-19 福島県郡山市 藤寿産業

・使用材料 スギ集成材

幅 105mm×せい 105mm・210mm×長 3000mm (90分耐火被覆材想定)

幅 120mm×せい 120mm・240mm×長 3000mm (120分耐火被覆材想定)

・2次接着用接着剤

オーシカ ディアノールD-300・D用硬化剤30M 塗布量 300g/m² 圧締時間 12時間

接着剤を塗布後に圧締した。異なる断面の部材があまりの部分に同じ高さの部材を配置し、圧力が均一にかかるようにした。接着剤がはみ出してくると思われる隅部には接着剤がたまるよう幅10mmの面取りを施した。またはみ出した接着剤で元の部材につかないように表面に幅広のセロハンテープを張った。

貼り合わせる部材においても、はみ出した接着剤の垂れが部材に残らないよう、垂れたりとはみ出してくる表面に養生テープまたは幅広のセロハンテープをあらかじめ張った。

貼り合わせる材料のずれを無くし、圧締後の材料を削って厚みを調整する工程をなくせるよう、部材同士を固定した。通常は斜めビス等で行うが、耐火被覆材はあらわしとするために傷がつかないように木材を介して万力で固定した。

12時間の圧締後に解压した。部材同士は十分固定されていた。部材同士は幅方向、長さ方向ともずれはほとんど見られなかった。はみ出した接着剤は養生テープの上に垂れ、部材に多少付着した接着剤は、サンダーまたはカンナで削ることで除去することができた。圧締した面に幅広のセロハンテープをはった部分は、テープをはがすことはできたが粘着剤が元の部材にくっつき、べたつく状態となった。荷重支持部材にウレタン接着剤で接着される部分であり、粘着剤が残っていると接着に影響があるので、今後の課題である。

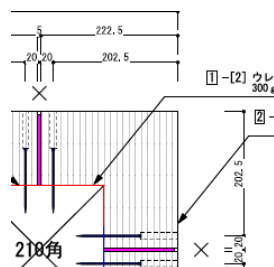


図 4-1 120分被覆



写真 4-1 被覆材役物 (90分)



(120分)

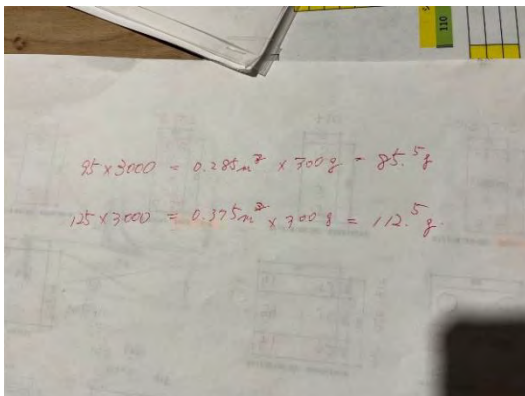
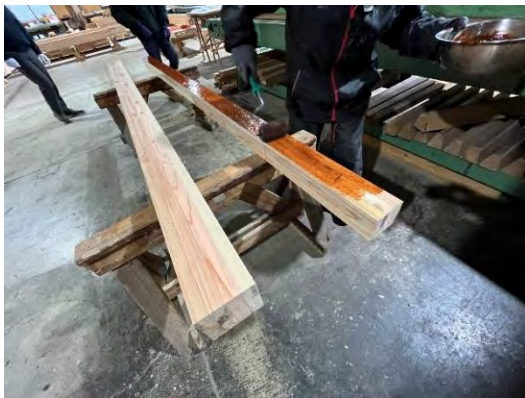
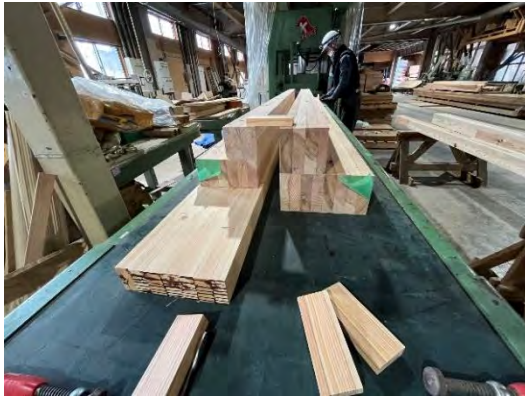
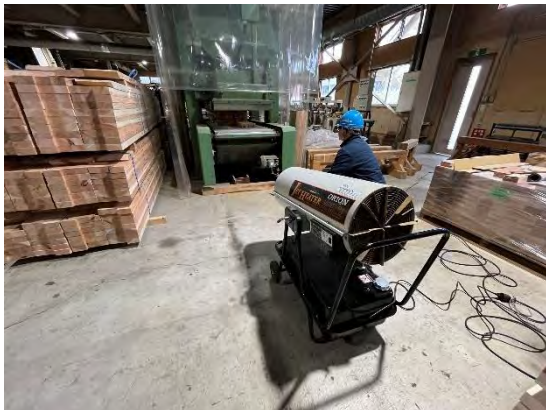


写真 4-2 作業 1



流注ネットプレス圧縮機圧力数値系 -数値を入力

基本定圧力 70 N/cm²

1.80×2.10×0.70

材料幅 42 cm
 cm
 cm

材料長さ 300 cm
 cm
 cm

シリンダー単数	4
圧縮力側面 (N/cm ²)	132.00
プレス設定値 (Mpa)	13.8

シリンダー幅×材料長さ	700	N/cm ²
材料幅	90	N/cm ²
圧縮機幅×材料長さ	110	cm
シリンダー幅	200.90	cm
圧縮機幅×材料長さ×圧縮機幅		

シリンダー幅×材料長さ	700	N/cm ²
材料幅	90	N/cm ²
圧縮機幅×材料長さ	110	cm
シリンダー幅	200.90	cm
圧縮機幅×材料長さ×圧縮機幅		

プレス定圧力数値系 (各定圧力×圧縮機幅)

使用圧縮機幅 材料長さ ×基本定圧力

(圧縮機幅) (シリンダー幅×材料長さ)

使用圧縮機幅 材料長さ ×基本定圧力

(圧縮機幅) (シリンダー幅×材料長さ)

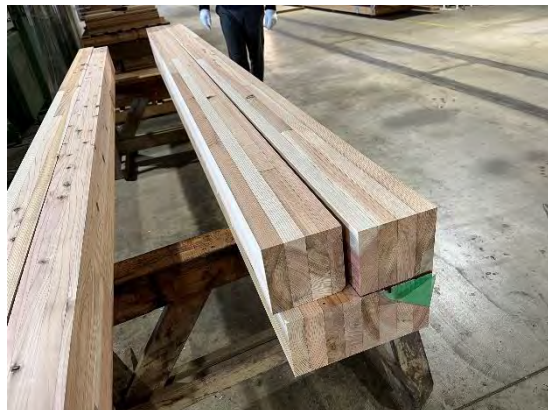


写真 4-3 作業 2

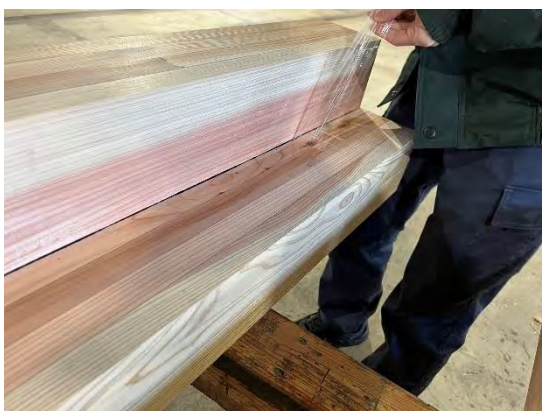
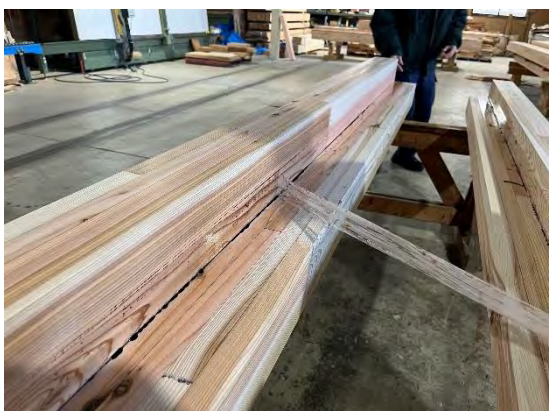


写真 4-4 作業 3



写真 4-4 作業 4

3.2.2 2回目

・2024/02/8-9 長野県小県郡長和町 齋藤木材工業

・使用材料 カラマツ集成材

幅 105mm×せい 105mm・210mm×長 3000mm (90 分耐火被覆材想定)

幅 120mm×せい 120mm・240mm×長 3000mm (120 分耐火被覆材想定)

・2次接着用接着剤

オーシカ ディアノールD-300・D用硬化剤30M 塗布量 350g/m² 圧締時間 12時間

圧力：10 kg/m²

接着剤を塗布後に圧締した。異なる断面の部材があまりの部分に同じ高さの部材を配置し、圧力が均一にかかるようにした。2次接着のプレス方向は横から力が掛けた。またはみ出した接着剤で元の部材につかないように表面に幅広の養生テープ及びマスキングテープの2種類を貼った。貼り合わせる材料のずれを無くし、圧締後の材料を削って厚みを調整する工程を無くせるよう、部材同士を固定した。耐火被覆材は表しとするために傷がつかないように木材を介して万力で固定した。

12時間の圧締後に解圧した。部材が十分固定され、部材同士は幅方向、長さ方向ともズレはほとんど見られなかった。マスキングテープをはがすときは途中で切れったことがある。養生テープの方は、マスキングテープより簡単に取り外しことができる。今回部材が面取りがされていないため、部分的に元の部材とダミー部材とくっつき、べたつく状態となった。荷重支持部にウレタン接着剤で接着される部分であり、2次接着の接着剤が残っていると材料の合わせと接着に影響が出るので、最終的に部材仕上げなどが必要となる。

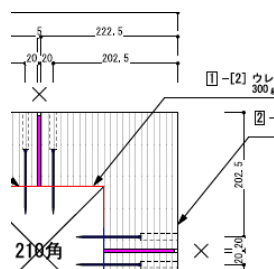


図2 120分被覆



写真 4-5 被覆材役物 (90分)



(120分)



写真 4-6 作業 1

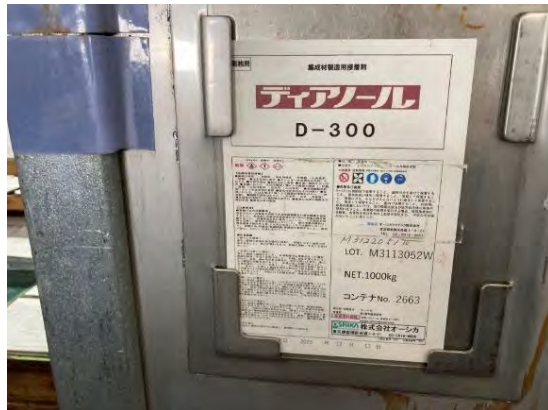
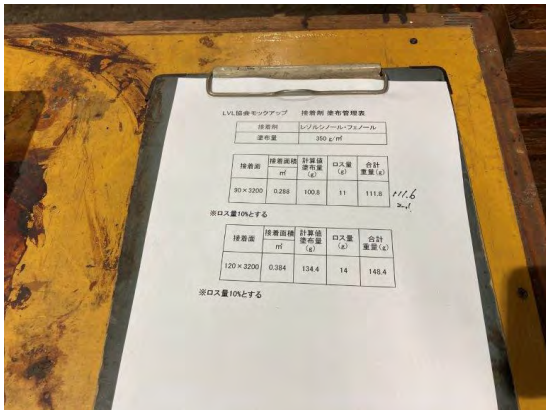


写真 4-7 作業 2



写真 4-8 作業 3



写真 4-9 作業 4

4. 性能評価試験

4. 1 概要

3. で検討して性能を確認できた被覆仕様で大臣認定を取得するための性能評価試験に臨んだ。90 分耐火構造の隅部の被覆は 3. で検討した役物を使用する。2 時間耐火構造は 90 分耐火構造と同様の役物とし、荷重支持部材からの厚みを 90mm から 120mm とした。今年度は小断面の柱の取得を目標とした。

4. 2 被覆材の製造

被覆材として採用した難燃薬剤処理 LVL は、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。難燃処理単板積層材の薬剤含浸量の管理は表 4-1 の通りとし、試験体に使用する被覆材の含浸量は最小 136 kg/m³未満、平均 146 kg/m³未満とした。

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℃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。

表 4-1

90分耐火柱

90分耐火柱

荷重支持部材		被覆材			備考
断面寸法 mm		難燃薬剤含浸量 kg/m ³			
		最小値（1枚）		平均（全数）	
180角	試験体	A	B	AとB	
		135.0未満	135.0未満	146.0未満	
	評価書	135以上			146以上

120分耐火柱

120分耐久柱

荷重支持部材		被覆材			備考
断面寸法 mm		難燃薬剤含浸量 kg/m ³			
		最小値（1枚）		平均（全数）	
210角	試験体	A	B	AとB	
		136.0未満	136.0未満	146.0未満	
	評価書	136以上		146以上	

4. 2. 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 か月程度の乾燥した。含浸は評価機関の日本建築総合試験所の立ち合いのもと、2023 年 8 月 28 日から 4 日間かけて行った。表 4-2～4-5 に含浸結果を示した。写真 4-1～4-4 に含浸作業を示した。

材料：スギ B 種構造用 LVL 平均密度 0.52

厚 30×幅 400×長 3200 30 本 厚 30×幅 280×長 3200 192 本 厚 30×幅 280×長 3200 144 本

難燃薬剤：W2-50（丸菱油化製） 含浸結果：平均 146 kg/m³（124～159 kg/m³）

表 4-2 含浸結果

番号	種類	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	含水率 (含水率計)		体積 V m ³	初期 重量		含浸後 重量	重量差	薬剤量	含浸量	乾燥後 重量	比重	含浸量	含水率 (含水率計)					
					左	中		右	W1	R1			W2	W2-W1		(W2-W1)/V kg/m ³	G1 管理値 kg/m ³	W3	計算のみ	左	中	右
1	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.5%	9.0%	7.0%	0.0384	20.260	0.528	42.840	22.68	590.63	147.7	26.080	0.679	151.6	8.0%	11.0%	10.0%		
2	スギLVL	3000	4000	3200.0	9.0%	12.5%	9.0%	0.0384	20.200	0.526	43.000	22.80	593.75	148.4	26.080	0.679	153.1	12.0%	11.0%	7.0%		
3	スギLVL	3000	4000	3200.0	10.5%	10.5%	10.5%	0.0384	20.400	0.531	42.700	22.38	582.81	145.7	26.020	0.678	146.4	12.5%	13.0%	7.5%		
4	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.5%	9.5%	10.5%	0.0384	19.420	0.506	42.880	23.46	610.94	152.7	25.360	0.660	154.7	11.5%	11.5%	11.5%		
5	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.5%	12.0%	11.0%	0.0384	19.740	0.514	42.780	23.04	600.00	150.0	25.620	0.667	153.1	11.0%	13.0%	8.5%		
6	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.5%	9.5%	8.5%	0.0384	19.600	0.510	42.580	22.98	598.44	149.6	25.420	0.662	151.6	8.5%	10.5%	9.5%		
7	スギLVL	3000	4000	3200.0	10.0%	11.5%	7.0%	0.0384	19.560	0.509	43.000	23.44	610.42	152.6	25.640	0.668	158.3	12.5%	9.5%	7.0%		
8	スギLVL	3000	4000	3200.0	10.0%	10.5%	10.5%	0.0384	19.620	0.511	42.940	23.32	607.29	151.8	25.760	0.671	159.9	9.5%	12.5%	9.0%		
9	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.5%	12.0%	9.0%	0.0384	19.740	0.514	42.900	23.16	603.13	150.8	25.680	0.669	154.7	8.0%	13.5%	7.0%		
10	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.5%	12.0%	11.0%	0.0384	19.780	0.515	42.340	22.56	587.50	148.9	25.420	0.662	146.9	11.5%	10.0%	12.0%		
11	スギLVL	3000	4000	3200.0	11.5%	10.0%	8.0%	0.0384	19.500	0.509	42.480	22.92	596.88	149.2	25.380	0.661	151.6	12.0%	11.0%	11.5%		
12	スギLVL	3000	4000	3200.0	9.5%	12.5%	9.0%	0.0384	19.700	0.513	42.400	22.70	591.15	147.8	25.380	0.661	147.9	8.0%	12.0%	7.5%		
13	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.0%	9.5%	8.5%	0.0384	20.180	0.526	41.940	21.76	566.67	141.7	25.520	0.660	139.1	8.5%	9.0%	9.0%		
14	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.0%	9.5%	11.5%	0.0384	19.960	0.520	42.080	22.12	576.04	144.0	25.540	0.665	145.3	8.0%	13.5%	8.0%		
15	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.5%	10.0%	9.5%	0.0384	20.000	0.521	41.840	21.84	568.75	142.2	25.300	0.659	138.0	12.5%	9.5%	9.5%		
16	スギLVL	3000	4000	3200.0	9.5%	10.5%	10.0%	0.0384	19.760	0.515	43.300	23.54	613.02	153.3	25.640	0.668	153.1	9.5%	11.5%	10.0%		
17	スギLVL	3000	4000	3200.0	11.0%	10.5%	9.5%	0.0384	19.440	0.506	42.980	23.54	613.02	153.3	25.400	0.661	155.2	8.5%	9.5%	9.0%		
18	スギLVL	3000	4000	3200.0	9.5%	11.0%	9.5%	0.0384	19.560	0.509	43.020	23.46	610.94	152.7	25.560	0.666	156.3	10.5%	12.5%	8.5%		
19	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.5%	12.5%	10.5%	0.0384	20.080	0.523	42.080	22.00	572.92	142.2	25.400	0.661	138.5	10.0%	9.5%	7.5%		
20	スギLVL	3000	4000	3200.0	11.0%	11.5%	10.0%	0.0384	20.040	0.522	42.220	22.18	577.60	144.4	25.480	0.664	141.7	11.5%	11.5%	10.5%		
21	スギLVL	3000	4000	3200.0	11.0%	12.5%	8.5%	0.0384	20.100	0.523	42.020	21.92	570.83	142.7	25.400	0.661	138.0	10.0%	9.5%	9.5%		
22	スギLVL	3000	4000	3200.0	11.5%	11.0%	10.0%	0.0384	19.740	0.514	43.000	23.32	607.29	151.8	25.460	0.663	149.0	12.5%	11.5%	8.5%		
23	スギLVL	3000	4000	3200.0	10.5%	9.5%	10.0%	0.0384	19.640	0.511	42.940	23.30	606.77	151.7	25.360	0.660	149.0	12.5%	13.0%	7.5%		
24	スギLVL	3000	4000	3200.0	11.0%	9.0%	10.0%	0.0384	19.620	0.511	42.880	23.26	605.73	151.4	25.280	0.659	147.4	9.0%	11.5%	11.5%		
25	スギLVL	3000	4000	3200.0	11.0%	9.0%	9.0%	0.0384	20.720	0.540	42.400	21.68	564.58	141.1	25.800	0.672	132.3	8.5%	12.0%	9.5%		
26	スギLVL	3000	4000	3200.0	9.0%	11.5%	10.5%	0.0384	20.760	0.541	41.900	21.14	550.52	137.6	25.820	0.672	131.8	8.5%	11.5%	8.0%		
27	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.0%	10.5%	8.0%	0.0384	20.640	0.538	41.780	21.14	550.52	137.6	25.560	0.666	128.1	11.0%	9.5%	9.0%		
28	スギLVL	3000	4000	3200.0	9.5%	9.5%	8.0%	0.0384	20.180	0.526	42.440	22.26	579.69	144.9	25.440	0.663	137.0	11.0%	13.5%	9.5%		
29	スギLVL	3000	4000	3200.0	10.0%	11.0%	9.5%	0.0384	19.880	0.518	42.280	22.40	583.33	145.8	25.240	0.657	139.6	9.0%	11.5%	7.5%		
30	スギLVL	3000	4000	3200.0	8.0%	9.0%	9.5%	0.0384	20.100	0.523	42.180	22.08	575.00	143.8	25.240	0.657	133.9	10.0%	9.0%	7.5%		

番号	種類	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	含水率 (含水率計)		体積 V m ³	初期 重量		初期 比重		含浸後 重量		重量差	薬剤量 (W2-W1)/ W1)/V kg/m ³	含浸量 G1 管理値 kg/m ³	乾燥後 重量		比重	含浸量 計算のみ kg/m ³	含水率 (含水率計)		
					左 %	中 %		右 %	W1 kg	R1 g/cm ³	W2 kg	W2-W1 kg	W3 kg				左 %	中 %			右 %		
31	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.0%	9.0%	8.0%	0.0269	13.800	0.513	30.780	16.96	630.95	157.7		18.280	0.680	166.7	8.0%	12.0%	12.0%		
32	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.5%	10.0%	9.5%	0.0269	14.140	0.526	30.880	16.74	622.77	155.7		18.580	0.691	165.2	9.0%	12.0%	12.5%		
33	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.0%	9.5%	7.5%	0.0269	13.900	0.517	30.900	17.00	632.44	158.1		18.540	0.690	172.6	12.0%	12.5%	8.0%		
34	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.5%	12.5%	7.5%	0.0269	14.060	0.523	30.840	16.78	624.26	156.1		18.620	0.693	169.6	12.0%	10.0%	11.5%		
35	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	10.5%	10.5%	0.0269	14.200	0.528	31.120	16.92	629.46	157.4		18.760	0.698	169.6	12.0%	11.5%	7.5%		
36	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	11.5%	8.0%	0.0269	14.080	0.524	30.920	16.84	626.49	156.8		18.600	0.692	168.2	11.0%	10.0%	11.0%		
37	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.0%	9.0%	11.0%	0.0269	13.620	0.507	30.480	16.84	626.49	156.8		18.100	0.673	166.7	12.5%	13.5%	11.5%		
38	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.5%	12.5%	8.0%	0.0269	13.880	0.509	30.380	16.68	620.54	155.1		18.020	0.670	161.5	9.5%	10.0%	7.5%		
39	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.0%	10.0%	11.5%	0.0269	14.100	0.525	30.840	16.74	622.77	155.7		18.580	0.691	166.7	12.5%	9.5%	11.0%		
40	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	9.5%	11.5%	0.0269	13.980	0.520	29.380	15.40	572.92	143.2		17.760	0.661	140.6	12.5%	9.5%	11.5%		
41	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.5%	11.0%	7.5%	0.0269	13.620	0.507	30.420	16.80	625.00	156.3		18.080	0.673	165.9	11.5%	12.5%	10.0%		
42	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.5%	11.5%	10.0%	0.0269	13.460	0.501	30.180	16.72	622.02	155.5		17.860	0.664	163.7	10.0%	11.0%	8.5%		
43	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.5%	10.5%	10.0%	0.0269	13.980	0.520	29.720	15.74	585.57	146.4		17.920	0.667	146.6	10.5%	12.0%	11.5%		
44	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.0%	9.5%	7.5%	0.0269	13.900	0.517	29.420	15.52	577.38	144.3		17.740	0.680	142.9	10.5%	9.0%	11.0%		
45	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	9.0%	7.5%	0.0269	14.040	0.522	29.460	15.42	573.66	143.4		18.200	0.677	154.8	9.0%	9.5%	8.0%		
46	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.5%	12.0%	7.0%	0.0269	14.220	0.529	29.480	15.26	567.71	141.9		18.360	0.683	154.0	12.0%	12.5%	7.5%		
47	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.0%	12.0%	8.5%	0.0269	14.240	0.530	29.880	15.42	573.66	143.4		18.240	0.679	148.8	10.0%	13.5%	10.0%		
48	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.5%	12.0%	9.0%	0.0269	14.360	0.534	29.820	15.46	575.15	143.8		18.240	0.679	144.3	8.5%	13.5%	8.5%		
49	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.5%	9.5%	9.0%	0.0269	14.360	0.534	29.780	15.40	572.92	143.2		18.660	0.694	160.0	8.0%	10.0%	11.5%		
50	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.0%	11.5%	11.0%	0.0269	14.300	0.532	29.340	15.04	559.52	139.9		18.460	0.687	154.8	8.0%	11.0%	7.5%		
51	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	9.0%	7.5%	0.0269	14.260	0.531	29.540	15.28	568.45	142.1		18.180	0.676	145.8	10.0%	11.0%	12.0%		
52	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.0%	10.5%	8.5%	0.0269	14.140	0.526	29.980	14.82	551.34	137.8		17.840	0.664	137.6	9.0%	11.0%	8.0%		
53	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.0%	11.5%	11.0%	0.0269	14.100	0.524	29.480	15.40	572.92	143.2		18.420	0.682	158.2	11.0%	11.0%	7.0%		
54	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	11.5%	11.5%	0.0269	14.300	0.532	29.580	15.28	568.45	142.1		18.700	0.696	163.7	10.5%	13.0%	8.0%		
55	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.5%	10.0%	8.0%	0.0269	14.180	0.528	29.420	15.24	566.96	141.7		18.140	0.675	147.3	11.5%	12.5%	8.0%		
56	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.5%	11.5%	9.0%	0.0269	14.040	0.522	29.800	14.86	552.83	138.2		17.820	0.663	140.6	9.0%	12.5%	7.0%		
57	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	11.0%	8.0%	0.0269	14.200	0.528	29.120	14.92	555.06	139.8		18.280	0.680	151.8	10.5%	12.5%	11.0%		
58	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.0%	9.5%	9.0%	0.0269	13.580	0.505	29.940	16.36	608.63	152.2		18.080	0.673	167.4	11.0%	12.5%	11.0%		
59	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	10.0%	8.5%	0.0269	13.820	0.514	30.180	16.34	607.89	152.0		18.280	0.680	165.9	9.5%	8.0%	9.0%		
60	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.5%	12.0%	9.0%	0.0269	13.980	0.517	29.800	15.90	591.52	147.7		18.000	0.670	160.0	11.0%	11.5%	11.0%		
61	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.5%	9.5%	8.0%	0.0269	14.220	0.529	29.780	15.42	573.66	144.2		18.520	0.689	160.0	9.5%	13.5%	12.0%		
62	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.0%	9.0%	7.5%	0.0269	14.080	0.524	29.980	15.88	590.77	147.9		18.560	0.690	166.7	10.0%	10.0%	8.5%		
63	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.0%	11.0%	11.5%	0.0269	13.800	0.513	29.780	15.96	593.75	148.4		17.980	0.669	155.5	9.5%	13.0%	10.5%		
64	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.5%	10.5%	10.0%	0.0269	14.480	0.539	29.480	15.00	558.04	139.5		18.360	0.683	144.3	12.5%	10.5%	10.0%		
65	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.0%	10.0%	7.0%	0.0269	14.060	0.523	29.600	15.54	578.13	144.5		18.340	0.682	159.2	10.0%	13.5%	10.5%		
66	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	11.0%	9.0%	0.0269	13.940	0.519	29.820	15.68	583.33	145.8		18.340	0.682	163.7	10.0%	13.5%	11.0%		
67	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.0%	10.0%	7.5%	0.0269	14.260	0.531	29.140	14.88	553.57	137.8		18.180	0.676	145.8	9.0%	13.0%	10.5%		
68	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.5%	11.5%	11.0%	0.0269	14.340	0.534	29.340	15.00	558.04	139.5		18.360	0.683	144.3	11.0%	11.0%	7.0%		
69	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.5%	12.5%	10.0%	0.0269	14.680	0.534	29.200	14.94	555.80	139.0		18.460	0.687	152.4	12.5%	10.0%	11.5%		
70	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.0%	10.5%	9.5%	0.0269	14.440	0.537	29.080	14.62	543.90	138.0		18.460	0.687	149.6	10.0%	10.0%	7.5%		
71	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	11.0%	10.0%	0.0269	14.580	0.542	29.200	14.62	543.90	138.0		18.520	0.689	146.6	10.5%	10.5%	10.5%		
72	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.0%	9.5%	8.0%	0.0269	14.460	0.538	29.280	14.80	550.60	137.8		18.340	0.682	144.3	10.0%	11.5%	12.5%		
73	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.5%	11.0%	10.5%	0.0269	14.240	0.530	29.680	15.44	574.40	143.6		18.520	0.689	159.2	10.0%	12.0%	9.0%		
74	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.0%	12.0%	7.0%	0.0269	14.060	0.523	29.500	15.44	574.40	143.6		18.320	0.682	158.5	8.5%	12.5%	9.5%		
75	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.5%	10.0%	10.5%	0.0269	14.320	0.533	29.080	14.76	549.11	137.3		18.220	0.678	145.1	10.0%	11.0%	12.0%		
76	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.5%	10.5%	10.0%	0.0269	14.360	0.534	29.200	14.76	549.11	137.3		18.040	0.671	146.6	10.5%	12.5%	11.5%		
77	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.0%	10.0%	11.0%	0.0269	14.400	0.536	29.740	15.34	570.68	142.7		18.560	0.690	154.8	10.0%	13.0%	10.5%		
78	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.5%	10.5%	11.0%	0.0269	13.960	0.519	29.440	15.48	575.89	144.0		18.140	0.675	155.5	8.0%	9.0%	12.5%		
79	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.5%	10.0%	7.5%	0.0269	13.420	0.499	29.800	16.38	609.38	152.3		17.380	0.647	147.3	12.5%	11.0%	8.0%		
80	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.5%	10.0%	10.0%	0.0269	13.520	0.503	29.740	16.22	603.42	150.9		17.420	0.648	145.1	8.5%	9.0%	7.0%		

表 4-3 含浸結果

番号	種類	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	含水率 (含水率計)		体積 V m ³	初期 重量 kg	初期 比重 g/cm ³	含浸後 重量 kg	重量差 kg	薬剤量 (W2- W1)/V kg/m ³	含浸量 G1 管理値 kg/m ³	乾燥後 重量 kg	比重 g/cm ³	含浸量 kg/m ³	含水率 (含水率計)			
					左	中											右	左	中	右
					%	%											%	%	%	%
81	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	12.5%	7.5%	0.0269	13.820	0.514	29.820	15.80	587.80	148.9	17.680	0.658	143.6	11.5%	11.5%	9.0%
82	スギVL	30.00	280.0	3200.0	10.5%	10.0%	10.0%	0.0269	14.160	0.527	29.740	15.58	579.61	144.9	18.080	0.673	145.8	12.0%	13.5%	8.5%
83	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.0%	10.0%	8.0%	0.0269	13.460	0.501	29.740	16.28	605.65	151.4	17.380	0.647	145.8	11.5%	12.0%	12.0%
84	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.5%	9.0%	8.5%	0.0269	13.400	0.499	29.680	16.26	604.91	151.2	17.300	0.644	145.1	11.0%	13.0%	10.0%
85	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.0%	9.5%	10.0%	0.0269	14.000	0.521	29.480	15.46	575.15	143.8	17.820	0.663	142.1	12.0%	12.0%	10.0%
86	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.5%	12.0%	11.0%	0.0269	13.940	0.519	29.480	15.54	578.13	144.5	17.840	0.664	145.1	11.0%	13.5%	9.0%
87	スギVL	30.00	280.0	3200.0	8.0%	9.5%	9.0%	0.0269	14.060	0.523	29.540	15.48	575.89	144.0	17.940	0.667	144.3	10.5%	11.5%	7.0%
88	スギVL	30.00	280.0	3200.0	10.5%	9.5%	7.5%	0.0269	13.780	0.513	30.020	16.24	604.17	151.0	17.840	0.664	151.0	9.5%	10.5%	12.0%
89	スギVL	30.00	280.0	3200.0	10.5%	8.0%	8.0%	0.0269	13.820	0.514	29.840	16.02	595.98	148.0	17.980	0.669	154.8	9.5%	12.0%	7.0%
90	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.0%	10.0%	8.0%	0.0269	13.940	0.519	30.020	16.08	598.21	148.8	18.080	0.673	154.0	13.0%	10.5%	11.5%
91	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	10.5%	8.5%	0.0269	14.020	0.522	29.700	15.68	583.33	145.8	18.020	0.670	148.8	9.5%	9.0%	12.0%
92	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	11.5%	10.0%	0.0269	13.980	0.520	29.680	15.68	583.33	145.8	17.880	0.665	145.1	10.0%	12.0%	8.5%
93	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.0%	9.0%	11.5%	0.0269	13.900	0.517	29.820	16.02	595.98	148.0	17.960	0.668	151.0	9.5%	9.5%	12.0%
94	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	11.5%	11.0%	0.0269	14.120	0.525	29.600	15.38	572.17	143.0	17.920	0.667	141.4	12.0%	10.5%	11.5%
95	スギVL	30.00	280.0	3200.0	10.5%	10.5%	11.0%	0.0269	14.100	0.525	29.780	15.68	583.33	145.8	18.040	0.671	146.6	8.5%	11.0%	7.5%
96	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.0%	10.5%	11.5%	0.0269	13.880	0.516	29.720	15.84	589.29	147.3	17.880	0.665	148.8	8.0%	9.0%	12.0%
97	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.0%	11.5%	10.5%	0.0269	14.040	0.522	29.540	15.50	576.64	144.2	17.840	0.664	141.4	12.0%	9.0%	10.5%
98	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.5%	11.5%	7.5%	0.0269	14.040	0.522	29.420	15.38	572.17	143.0	17.820	0.663	140.8	9.5%	9.5%	9.0%
99	スギVL	30.00	280.0	3200.0	10.5%	11.0%	8.5%	0.0269	14.100	0.525	29.380	15.28	568.45	142.1	17.780	0.661	136.9	10.5%	12.0%	7.0%
100	スギVL	30.00	280.0	3200.0	8.0%	12.5%	9.5%	0.0269	13.420	0.499	29.440	16.02	595.98	148.0	17.500	0.651	151.8	8.5%	10.0%	12.5%
101	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	9.5%	7.0%	0.0269	13.720	0.510	29.820	15.90	591.52	147.9	17.600	0.655	144.3	12.0%	10.0%	9.0%
102	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	11.0%	11.0%	0.0269	13.640	0.507	29.820	15.98	594.49	148.8	17.500	0.651	143.6	11.0%	13.0%	7.5%
103	スギVL	30.00	280.0	3200.0	8.0%	11.5%	10.5%	0.0269	13.780	0.513	29.700	15.92	592.26	148.1	17.800	0.662	149.6	12.5%	13.0%	12.0%
104	スギVL	30.00	280.0	3200.0	8.0%	9.5%	8.0%	0.0269	13.740	0.511	29.580	15.82	588.54	147.1	17.800	0.662	151.0	8.5%	10.0%	8.0%
105	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	11.5%	11.5%	0.0269	13.580	0.505	29.480	15.88	590.77	147.7	17.420	0.648	142.9	11.0%	13.5%	12.0%
106	スギVL	30.00	280.0	3200.0	8.5%	12.0%	7.0%	0.0269	13.820	0.514	30.100	16.28	605.65	151.4	17.780	0.661	147.3	11.0%	11.5%	7.5%
107	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.0%	10.5%	11.5%	0.0269	13.760	0.512	29.580	15.80	587.80	148.2	17.800	0.658	145.8	8.5%	10.5%	7.0%
108	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.5%	12.5%	9.5%	0.0269	13.680	0.509	29.420	15.74	585.57	146.4	17.620	0.656	146.6	11.5%	12.5%	11.5%
109	スギVL	30.00	280.0	3200.0	12.5%	9.5%	7.5%	0.0269	13.840	0.515	29.820	16.08	598.21	148.8	17.680	0.658	142.9	12.0%	10.0%	10.5%
110	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.0%	11.0%	7.5%	0.0269	13.660	0.508	29.860	16.30	606.40	151.8	17.580	0.654	145.8	8.5%	11.5%	10.5%
111	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.5%	10.5%	8.5%	0.0269	13.780	0.513	29.440	15.66	582.59	145.8	17.620	0.656	142.9	8.5%	13.5%	7.5%
112	スギVL	30.00	280.0	3200.0	10.5%	12.0%	11.0%	0.0269	13.840	0.515	29.500	15.66	582.59	145.6	17.700	0.658	143.6	10.0%	11.5%	7.0%
113	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	11.0%	7.0%	0.0269	13.700	0.510	29.300	15.60	580.36	145.1	17.440	0.649	139.1	9.5%	12.0%	9.0%
114	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.0%	9.5%	8.5%	0.0269	13.880	0.516	29.800	15.72	584.82	146.2	17.620	0.656	139.1	10.0%	10.0%	10.0%
115	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	12.5%	9.5%	0.0269	14.000	0.532	31.080	16.76	623.51	155.9	18.660	0.702	169.6	8.5%	11.5%	12.0%
116	スギVL	30.00	280.0	3200.0	10.0%	9.5%	11.5%	0.0269	13.680	0.534	30.000	15.64	581.85	145.5	18.200	0.677	142.9	10.5%	12.0%	12.5%
117	スギVL	30.00	280.0	3200.0	8.0%	9.5%	10.0%	0.0269	13.760	0.512	29.120	15.36	571.43	142.9	17.460	0.650	137.6	11.0%	10.0%	12.0%
118	スギVL	30.00	280.0	3200.0	10.5%	12.0%	8.5%	0.0269	13.880	0.516	30.580	16.70	621.28	155.3	18.180	0.676	160.0	10.0%	11.5%	10.5%
119	スギVL	30.00	280.0	3200.0	8.0%	10.5%	11.0%	0.0269	14.160	0.527	30.740	16.58	616.82	154.2	18.640	0.693	166.7	10.5%	9.0%	12.5%
120	スギVL	30.00	280.0	3200.0	8.5%	9.5%	10.5%	0.0269	14.120	0.525	30.840	16.72	622.02	155.5	18.820	0.700	174.9	8.5%	13.0%	12.0%
121	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	9.5%	7.5%	0.0269	13.560	0.504	30.200	16.64	619.05	154.8	17.760	0.661	156.3	11.0%	13.0%	8.0%
122	スギVL	30.00	280.0	3200.0	8.5%	11.0%	8.0%	0.0269	13.720	0.510	30.500	16.78	624.26	156.1	18.080	0.673	162.2	12.0%	9.0%	12.0%
123	スギVL	30.00	280.0	3200.0	12.5%	10.5%	10.5%	0.0269	13.660	0.508	29.820	16.82	627.81	156.8	18.040	0.671	162.8	10.5%	13.5%	12.0%
124	スギVL	30.00	280.0	3200.0	10.0%	12.5%	7.0%	0.0269	13.600	0.506	30.400	16.80	625.00	156.3	18.100	0.673	167.4	12.5%	11.0%	11.5%
125	スギVL	30.00	280.0	3200.0	8.0%	10.0%	7.0%	0.0269	13.580	0.505	30.840	17.06	634.67	158.7	18.260	0.679	174.1	12.5%	13.0%	12.0%
126	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	11.0%	11.0%	0.0269	13.680	0.509	30.580	16.90	628.72	157.2	18.140	0.675	165.9	8.0%	13.5%	9.0%
127	スギVL	30.00	280.0	3200.0	9.0%	11.5%	11.5%	0.0269	13.500	0.502	29.520	16.02	595.98	148.0	17.260	0.642	139.9	11.0%	12.5%	7.5%
128	スギVL	30.00	280.0	3200.0	11.5%	10.0%	9.0%	0.0269	13.560	0.504	29.380	15.82	588.54							

表 4-4 含浸結果

番号	種類	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	含水率 (含水率計)				体積 V m ³	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	含水率 (含水率計)					
					左 %	中 %	右 %	W1 kg		R1 g/cm ³	W2 kg	W2-W1 kg				(W2-W1)/V kg/m ³			G1 管理値 kg/m ³	W3 kg	計算のみ kg/m ³	左 %	中 %	右 %
201	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.5%	10.0%	9.5%	0.0269	14,500	0.539	30,240	15.74	585.57	148.4	18,220	0.678	138.4	10.0%	11.0%	9.5%				
202	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.0%	11.5%	11.0%	0.0269	14,200	0.528	29,840	15.44	574.40	143.6	17,740	0.660	131.7	9.0%	9.0%	7.5%				
203	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.5%	11.0%	7.5%	0.0269	14,240	0.530	29,980	15.72	584.82	148.2	17,920	0.667	136.9	8.5%	12.5%	12.5%				
204	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.0%	10.5%	11.5%	0.0269	14,180	0.528	29,740	15.56	578.87	144.7	17,680	0.658	130.2	8.5%	10.5%	7.5%				
205	スギLVL	3000	2800	3200.0	12.0%	9.0%	8.5%	0.0269	14,200	0.528	29,840	15.64	581.85	145.5	17,940	0.667	139.1	12.0%	12.5%	10.5%				
206	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.5%	11.5%	8.5%	0.0269	14,180	0.528	30,000	15.82	588.54	147.1	17,920	0.667	139.1	12.0%	10.5%	8.5%				
207	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.5%	12.0%	8.5%	0.0269	14,320	0.533	30,000	15.68	583.33	145.8	17,980	0.669	136.2	10.0%	13.5%	7.0%				
208	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.0%	10.0%	9.5%	0.0269	14,240	0.530	30,280	16.04	596.73	149.2	17,940	0.667	137.6	8.5%	13.0%	7.0%				
209	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.0%	12.0%	8.5%	0.0269	14,400	0.536	30,220	15.80	587.89	148.9	17,920	0.667	131.0	12.5%	9.0%	10.5%				
210	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.5%	9.0%	12.0%	0.0269	14,400	0.536	30,100	15.70	584.08	148.0	18,000	0.670	133.9	10.0%	13.5%	11.5%				
211	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	10.0%	7.0%	0.0269	14,080	0.524	30,100	16.02	595.98	149.0	17,840	0.664	139.9	8.0%	13.0%	9.0%				
212	スギLVL	3000	2800	3200.0	9.5%	12.5%	9.0%	0.0269	14,080	0.524	30,140	16.06	597.47	149.4	17,820	0.663	139.1	8.0%	10.5%	11.0%				
213	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	10.5%	9.5%	0.0269	14,240	0.530	30,100	15.86	590.03	147.5	17,780	0.661	131.7	10.5%	10.5%	8.5%				
214	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	10.0%	11.0%	0.0269	13,860	0.516	30,100	16.24	604.17	151.0	17,580	0.654	138.4	12.5%	11.5%	12.0%				
215	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.5%	11.0%	9.5%	0.0269	13,980	0.520	29,920	15.94	593.01	148.3	17,640	0.656	136.2	10.5%	9.5%	7.0%				
216	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.5%	12.5%	11.0%	0.0269	13,920	0.518	29,940	16.02	595.98	149.0	17,580	0.654	136.2	10.0%	10.0%	8.5%				
217	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.0%	9.5%	11.0%	0.0269	13,660	0.508	29,980	16.30	606.40	151.6	17,460	0.650	141.4	11.0%	11.0%	8.0%				
218	スギLVL	3000	2800	3200.0	11.0%	11.0%	11.5%	0.0269	13,620	0.507	29,820	16.20	602.68	150.7	17,360	0.646	139.1	10.5%	11.0%	12.0%				
219	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.5%	10.5%	8.5%	0.0269	13,560	0.504	29,800	16.24	604.17	151.0	17,320	0.644	139.9	8.5%	11.5%	7.5%				
220	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.5%	10.5%	11.0%	0.0269	13,660	0.508	29,840	16.18	601.93	150.5	17,400	0.647	139.1	8.0%	11.5%	9.5%				
221	スギLVL	3000	2800	3200.0	10.0%	10.5%	9.5%	0.0269	13,660	0.508	30,020	16.36	608.63	152.2	17,320	0.644	136.2	10.5%	11.0%	8.0%				
222	スギLVL	3000	2800	3200.0	8.0%	10.5%	7.5%	0.0269	13,560	0.504	29,880	16.10	598.96	149.7	17,120	0.637	132.4	8.0%	12.0%	12.5%				

番号	種類	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	含水率 (含水率計)		体積 V m ³	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	含水率 (含水率計)					
					左 %	中 %		右 %	W1	R1			W2	W2-W1 kg		(W2-W1)/V kg/m ³	G1 管理値 kg/m ³	W3	計算のみ kg/m ³	左 %	中 %	右 %
									kg	g/cm ³			kg					kg				
223	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.5%	11.5%	11.0%	0.0230	11.980	0.520	25.000	13.02	565.10	141.3	15.160	0.658	138.0	11.5%	12.5%	8.5%		
224	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.0%	9.5%	9.5%	0.0230	12.080	0.524	24.700	12.62	547.74	138.9	15.120	0.656	131.9	8.0%	11.0%	7.0%		
225	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.5%	12.5%	10.5%	0.0230	12.280	0.533	24.940	12.66	549.48	137.4	15.440	0.670	137.2	11.0%	9.5%	8.5%		
226	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	10.0%	11.5%	0.0230	12.220	0.530	25.080	12.86	558.16	139.5	15.420	0.669	138.9	9.5%	10.0%	12.0%		
227	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.5%	12.0%	10.0%	0.0230	12.200	0.530	25.940	13.74	596.35	149.1	15.840	0.688	158.0	11.5%	12.5%	12.5%		
228	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	11.5%	11.0%	0.0230	12.080	0.524	25.380	13.30	577.26	144.3	15.520	0.674	149.3	9.5%	11.0%	11.5%		
229	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.0%	9.5%	9.0%	0.0230	12.040	0.523	25.520	13.48	585.07	148.3	15.620	0.678	155.4	10.5%	11.0%	8.0%		
230	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.5%	12.0%	7.0%	0.0230	12.040	0.523	25.820	13.78	598.09	149.5	15.760	0.684	161.5	10.5%	13.0%	10.5%		
231	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	11.0%	11.0%	0.0230	11.840	0.514	25.420	13.58	589.41	147.4	15.320	0.665	151.0	10.0%	10.5%	10.5%		
232	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	13.0%	9.0%	0.0230	11.860	0.515	25.540	13.68	593.75	148.4	15.540	0.674	159.7	8.5%	12.0%	8.5%		
233	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.5%	10.0%	7.5%	0.0230	11.980	0.520	25.420	13.44	583.33	145.8	15.580	0.676	156.3	8.0%	9.0%	9.5%		
234	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	9.5%	7.5%	0.0230	11.940	0.518	25.620	13.68	593.75	148.4	15.660	0.680	161.5	10.0%	11.0%	11.0%		
235	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	10.0%	7.5%	0.0230	11.920	0.517	25.580	13.66	592.88	148.2	15.540	0.674	157.1	9.0%	9.5%	9.5%		
236	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	12.0%	11.5%	0.0230	12.000	0.512	25.620	13.82	599.83	150.0	15.440	0.670	158.0	8.0%	9.0%	8.0%		
237	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	12.0%	9.0%	0.0230	12.020	0.522	25.420	13.40	581.60	145.4	15.620	0.678	156.3	8.5%	10.0%	7.5%		
238	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	10.0%	10.0%	0.0230	11.920	0.517	25.400	13.48	585.07	148.3	15.500	0.673	155.4	10.5%	11.5%	7.5%		
239	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.0%	11.5%	9.5%	0.0230	12.080	0.524	25.440	13.36	579.86	145.0	15.860	0.688	164.1	12.5%	13.5%	7.0%		
240	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	11.0%	8.5%	0.0230	12.180	0.529	25.500	13.32	578.13	144.5	15.780	0.685	156.3	10.0%	9.5%	10.5%		
241	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	12.5%	9.0%	0.0230	12.080	0.524	25.580	13.50	585.94	148.5	15.780	0.685	160.6	12.5%	12.0%	7.5%		
242	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	12.5%	10.0%	0.0230	11.960	0.519	25.440	13.48	585.07	148.3	15.440	0.670	151.0	12.0%	9.5%	9.5%		
243	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	12.5%	8.5%	0.0230	12.280	0.532	25.680	13.40	581.60	145.4	16.060	0.697	164.9	11.0%	9.5%	12.5%		
244	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.5%	10.5%	10.5%	0.0230	12.280	0.533	25.740	13.46	584.20	146.1	15.940	0.692	158.9	11.5%	9.0%	9.0%		
245	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	12.0%	7.0%	0.0230	12.000	0.525	25.300	13.20	572.92	143.2	15.700	0.681	156.3	9.0%	10.0%	12.5%		
246	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	10.0%	7.0%	0.0230	11.960	0.519	25.280	13.32	578.13	144.5	15.640	0.679	159.7	9.0%	10.5%	8.5%		
247	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.5%	10.5%	8.5%	0.0230	12.300	0.534	25.900	13.60	590.28	147.6	15.940	0.692	158.0	11.5%	11.5%	11.5%		
248	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	11.0%	10.0%	0.0230	12.160	0.528	25.460	13.30	577.26	144.3	15.900	0.690	162.3	8.5%	11.0%	10.0%		
249	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	12.5%	8.5%	0.0230	12.200	0.530	25.480	13.26	575.52	143.9	15.880	0.689	159.7	11.0%	13.0%	11.0%		
250	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	12.0%	8.5%	0.0230	12.240	0.531	25.540	13.30	577.26	144.3	15.960	0.693	161.5	11.5%	12.0%	7.0%		
251	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.5%	12.0%	10.0%	0.0230	12.160	0.528	25.480	13.32	578.13	144.5	15.720	0.682	154.5	8.5%	10.0%	8.0%		
252	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	12.0%	9.0%	0.0230	12.200	0.530	25.480	13.40	581.60	145.4	15.840	0.686	159.7	8.5%	10.5%	8.5%		
253	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	9.5%	7.5%	0.0230	12.220	0.530	25.440	13.22	573.78	143.9	15.860	0.688	156.0	9.0%	13.5%	9.0%		
254	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	9.0%	7.5%	0.0230	12.300	0.534	25.580	13.26	575.52	143.2	15.820	0.687	152.8	10.5%	12.5%	8.0%		
255	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	10.5%	11.0%	0.0230	12.260	0.532	25.300	13.04	565.97	141.5	15.880	0.689	157.1	10.5%	9.5%	8.0%		
256	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.0%	12.0%	9.5%	0.0230	12.220	0.530	25.280	13.04	565.97	141.5	15.800	0.686	155.4	11.0%	9.0%	10.5%		
257	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.0%	12.0%	7.0%	0.0230	12.320	0.535	25.220	12.90	559.90	140.0	15.820	0.687	151.9	11.0%	11.5%	10.0%		
258	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	9.5%	9.0%	0.0230	12.560	0.545	25.380	12.82	556.42	139.1	16.020	0.695	150.2	11.5%	13.0%	9.0%		
259	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	10.0%	11.0%	0.0230	11.680	0.507	25.200	13.52	586.81	148.7	16.380	0.668	160.6	8.5%	9.5%	10.0%		
260	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	12.5%	7.5%	0.0230	11.820	0.513	25.020	13.18	575.00	144.5	16.500	0.674	161.5	11.0%	12.5%	9.5%		
261	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	12.0%	10.5%	0.0230	11.720	0.509	25.400	13.68	593.75	148.4	15.420	0.669	160.6	11.0%	12.0%	9.0%		
262	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	10.5%	7.0%	0.0230	12.300	0.534	25.240	12.94	561.63	140.4	15.740	0.683	149.3	11.5%	9.5%	8.5%		
263	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	9.5%	10.0%	0.0230	12.080	0.524	25.380	13.28	576.39	144.1	15.520	0.674	149.3	9.5%	9.0%	11.5%		
264	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	9.5%	10.0%	0.0230	12.440	0.540	25.600	13.16	571.18	142.8	15.800	0.686	145.8	8.0%	9.5%	10.0%		
265	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	11.0%	11.5%	0.0230	11.620	0.504	25.000	13.38	580.73	145.2	14.960	0.649	145.0	9.5%	10.0%	10.0%		
266	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.5%	11.5%	8.5%	0.0230	11.780	0.511	25.140	13.36	579.86	145.0	15.360	0.687	155.4	11.5%	9.5%	12.0%		
267	スギLVL	3000	2400	3200.0	7.0%	12.0%	7.0%	0.0230	11.960	0.516	25.140	13.46	584.20	146.1	15.480	0.686	154.5	10.5%	10.0%	10.0%		
268	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	9.5%	10.5%	0.0230	12.100	0.523	25.280	13.18	572.05	143.0	15.160	0.658	132.8	11.5%	12.0%	9.0%		
269	スギLVL	3000	2400	3200.0	12.5%	11.0%	9.5%	0.0230	12.080	0.524	25.280	13.20	572.92	143.2	15.200	0.660	135.4	12.0%	12.5%	7.0%		
270	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	12.0%	7.5%	0.0230	12.080	0.524	25.380	13.30	577.26	144.3	15.240	0.661	137.2	9.5%	13.5%	7.5%		
271	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	9.0%	8.5%	0.0230	11.980	0.520	24.820	12.84	557.29	139.3	15.020	0.652	131.9	9.5%	12.5%	11.0%		
272	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	11.0%	12.5%	0.0230	11.740	0.510	24.840	13.10	568.58	142.1	14.900	0.647	137.2	12.5%	11.5%	7.0%		
273	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	12.0%	8.5%	0.0230	11.940	0.518	24.700	12.76	553.82	138.5	15.040	0.653	134.5	9.5%	11.5%	12.0%		
274	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	11.5%	10.0%	0.0230	11.880	0.516	24.780	12.90	559.90	140.0	15.020	0.652	136.3	10.0%	12.0%	11.0%		
275	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.5%	11.0%	8.5%	0.0230	12.000	0.516	25.280	13.36	579.86	145.0	15.220	0.661	144.1	11.5%	12.5%	7.5%		
276	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.5%	10.0%	8.0%	0.0230	12.000	0.521	25.120	13.12	569.44	142.2	15.160	0.658	137.2	8.0%	11.5%	7.5%		
277	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	10.0%	9.5%	0.0230	12.100	0.525	25.300	13.20	572.92	143.2	15.340	0.666	140.6	11.5%	11.0%	9.5%		
278	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	12.0%	11.0%	0.0230	12.080	0.524	25.280	13.20	572.92	143.2	15.220	0.661	136.3	11.0%	13.5%	8.5%		
279	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	12.5%	9.5%	0.0230	11.840	0.514	24.840	13.00	564.24	141.1	15.200	0.660	145.8	8.5%	9.0%	12.0%		
280	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.5%	9.0%	9.5%	0.0230	11.980	0.520	24.980	13.00	564.24	141.1	15.340	0.666						

表 4-5 含浸結果

番号	種類	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	含水率 (含水率計)		体積 V m3	W1 kg	初期 比重 R1 g/cm3	含浸後 重量 W2 kg	重量差 kg	薬剤量 (W2-W1)/V kg/m3	含浸量 G1 管理値 kg/m3	乾燥後 重量 W3 kg	比重 g/cm3	含浸量 kg/m3	含水率 (含水率計)			
					左 %	中 %											右 %			
																		左 %	中 %	右 %
301	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	9.5%	11.0%	0.0230	11.740	0.510	25.480	13.74	596.35	149.1	15.160	0.658	148.4	11.5%	13.0%	7.0%
302	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	10.5%	7.0%	0.0230	11.660	0.506	25.520	13.86	601.56	150.4	15.120	0.656	150.2	12.5%	10.0%	12.0%
303	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	9.0%	9.0%	0.0230	11.900	0.516	25.720	13.82	599.83	150.0	15.280	0.663	146.7	12.5%	11.5%	8.5%
304	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	9.5%	11.0%	0.0230	11.900	0.516	25.840	13.94	605.03	151.3	15.160	0.658	141.5	10.5%	10.0%	12.5%
305	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	11.5%	9.0%	0.0230	11.760	0.510	25.740	13.98	606.77	151.7	15.120	0.656	145.8	9.5%	13.0%	12.5%
306	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	9.0%	10.0%	0.0230	11.640	0.505	25.720	14.08	611.11	152.8	14.960	0.649	144.1	9.0%	11.5%	12.5%
307	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	11.5%	8.5%	0.0230	12.320	0.535	25.100	12.78	554.69	138.7	15.240	0.661	126.7	11.0%	13.5%	11.5%
308	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.0%	9.0%	8.5%	0.0230	12.400	0.538	25.400	13.04	565.97	140.0	15.360	0.667	128.5	9.5%	10.0%	7.5%
309	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	10.5%	10.0%	0.0230	11.720	0.509	25.420	13.70	594.62	148.7	14.840	0.644	135.4	12.0%	9.0%	8.0%
310	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	10.0%	8.5%	0.0230	11.720	0.509	25.840	13.92	604.17	151.0	15.040	0.653	144.1	12.0%	12.5%	12.0%
311	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	10.5%	8.5%	0.0230	11.720	0.509	26.160	14.44	626.74	156.7	15.200	0.660	151.0	11.5%	12.0%	8.0%
312	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	9.0%	8.0%	0.0230	12.240	0.531	25.500	13.26	575.52	143.9	15.380	0.668	136.3	8.5%	13.0%	7.0%
313	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	11.5%	10.5%	0.0230	12.160	0.528	25.680	13.52	586.81	146.7	15.440	0.670	142.4	9.5%	10.0%	11.0%
314	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	9.5%	9.0%	0.0230	12.220	0.530	25.520	13.30	577.26	144.3	15.540	0.674	144.1	9.0%	12.5%	8.5%
315	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	11.5%	8.5%	0.0230	11.720	0.509	25.600	13.88	602.43	150.6	15.060	0.654	145.0	9.0%	11.5%	12.5%
316	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.5%	9.5%	11.0%	0.0230	11.660	0.506	26.080	14.42	625.87	156.5	15.160	0.658	151.9	12.5%	9.5%	8.5%
317	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	11.0%	8.5%	0.0230	11.620	0.504	25.820	14.20	616.32	154.1	15.120	0.656	151.9	8.0%	13.0%	9.0%
318	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	10.5%	10.5%	0.0230	11.720	0.509	26.000	14.28	619.79	154.9	15.240	0.661	152.8	8.5%	9.0%	8.0%
319	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	12.0%	10.0%	0.0230	11.780	0.511	25.720	13.94	605.03	151.3	15.220	0.661	149.3	10.5%	11.0%	10.0%
320	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	10.5%	7.0%	0.0230	11.840	0.514	25.560	13.72	595.49	148.9	15.300	0.664	150.2	11.0%	10.5%	8.0%
321	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	10.5%	8.0%	0.0230	11.840	0.514	25.780	13.94	605.03	151.3	15.320	0.665	151.0	11.5%	9.0%	12.0%
322	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	11.5%	11.5%	0.0230	11.940	0.518	25.760	13.82	599.83	150.0	15.340	0.666	147.6	8.5%	12.0%	8.5%
323	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.5%	9.0%	9.0%	0.0230	12.020	0.522	25.420	13.40	581.60	145.4	15.320	0.665	143.2	12.0%	10.0%	7.5%
324	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	12.0%	11.5%	0.0230	11.960	0.519	25.640	13.68	593.75	148.4	15.440	0.670	151.0	11.0%	11.0%	12.5%
325	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.5%	12.0%	10.5%	0.0230	11.900	0.516	25.440	13.54	587.67	146.9	15.200	0.660	143.2	11.0%	10.5%	7.0%
326	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	12.5%	8.0%	0.0230	11.820	0.513	25.660	13.84	600.69	150.2	15.240	0.661	148.4	12.5%	12.5%	12.5%
327	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.0%	10.5%	10.5%	0.0230	12.220	0.530	24.960	12.74	552.95	138.2	15.340	0.666	135.4	11.0%	10.0%	10.0%
328	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	11.0%	9.5%	0.0230	12.180	0.529	24.820	12.64	546.61	137.2	15.200	0.660	131.1	12.5%	13.0%	11.0%
329	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	11.5%	7.5%	0.0230	12.060	0.523	25.280	13.22	573.78	143.4	15.340	0.666	142.4	8.0%	12.5%	8.5%
330	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.0%	11.0%	8.5%	0.0230	11.720	0.509	25.500	13.78	598.09	149.5	15.200	0.660	151.0	11.5%	10.5%	8.0%
331	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	9.0%	7.0%	0.0230	11.720	0.509	25.080	13.36	578.86	145.0	14.940	0.648	139.8	10.5%	11.5%	8.0%
332	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.5%	10.5%	9.5%	0.0230	12.180	0.529	24.260	12.08	524.31	131.1	14.980	0.650	121.5	11.5%	9.5%	11.0%
333	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	9.5%	11.0%	0.0230	12.160	0.528	24.680	12.52	543.40	135.9	15.180	0.659	131.1	12.5%	12.0%	12.0%
334	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.5%	11.0%	8.0%	0.0230	12.100	0.525	24.600	12.50	542.53	135.6	15.120	0.656	131.1	10.0%	12.5%	12.0%
335	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	12.0%	10.5%	0.0230	11.820	0.513	24.880	13.06	566.84	141.7	14.940	0.648	135.4	8.0%	9.0%	8.5%
336	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	9.5%	8.5%	0.0230	11.880	0.516	24.860	13.00	564.24	141.1	15.000	0.651	135.4	9.5%	10.5%	7.5%
337	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.5%	9.5%	8.5%	0.0230	11.820	0.513	24.700	12.66	559.03	139.8	14.980	0.650	137.2	8.0%	13.0%	12.5%
338	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	12.5%	11.5%	0.0230	11.900	0.516	24.380	12.46	540.80	135.2	14.840	0.644	127.6	10.0%	11.5%	11.0%
339	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	11.0%	9.0%	0.0230	11.760	0.510	24.580	12.82	556.42	139.1	14.900	0.647	136.3	11.0%	12.0%	7.0%
340	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.0%	9.0%	7.5%	0.0230	11.900	0.516	25.080	13.18	572.05	143.0	15.140	0.657	140.6	10.5%	10.0%	11.5%
341	スギLVL	3000	2400	3200.0	12.5%	10.5%	7.5%	0.0230	11.880	0.516	24.760	12.88	559.03	139.8	15.040	0.653	137.2	8.0%	9.0%	9.0%
342	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.5%	12.0%	8.5%	0.0230	11.920	0.517	24.700	12.78	554.69	138.7	14.960	0.649	131.9	11.0%	13.5%	8.0%
343	スギLVL	3000	2400	3200.0	8.0%	12.0%	11.0%	0.0230	12.280	0.533	24.420	12.14	526.91	131.7	15.140	0.657	124.1	8.0%	13.0%	8.0%
344	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	10.0%	10.5%	0.0230	12.360	0.536	24.120	11.76	510.42	127.6	14.960	0.649	112.8	8.5%	9.0%	10.5%
345	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	10.5%	9.5%	0.0230	12.380	0.537	24.380	12.00	520.93	130.2	15.100	0.655	116.1	8.5%	10.0%	7.5%
346	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	11.0%	11.0%	0.0230	11.860	0.515	24.360	12.50	542.53	135.6	14.800	0.642	127.6	12.5%	11.0%	11.0%
347	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	9.5%	11.5%	0.0230	12.040	0.523	25.500	13.46	584.20	148.1	15.260	0.662	139.8	8.5%	12.0%	8.5%
348	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	11.0%	10.0%	0.0230	11.940	0.518	25.220	13.28	576.39	144.1	15.180	0.659	140.6	11.5%	13.0%	12.5%
349	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.5%	13.0%	11.5%	0.0230	12.240	0.536	23.760	11.42	495.66	123.9	14.920	0.648	112.0	8.5%	12.5%	10.5%
350	スギLVL	3000	2400	3200.0	11.0%	10.5%	7.0%	0.0230	12.280	0.533	24.640	12.36	536.46	134.1	15.180	0.659	125.9	10.0%	11.0%	12.5%
351	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.5%	12.5%	7.5%	0.0230	11.720	0.509	25.240	13.52	586.81	146.7	14.980	0.650	141.5	12.0%	9.0%	12.5%
352	スギLVL	3000	2400	3200.0	10.0%	11.0%	10.5%	0.0230	11.940	0.518	25.080	13.14	570.31	142.6	15.020	0.652	133.7	12.5%	12.0%	9.0%
353	スギLVL	3000	2400	3200.0	9.0%	9.0%	11.5%	0.0230	12.020	0.522	25.060	13.04	565.97	141.5	15.280	0.663	141.5	11.0%	9.5%	



写真 4-1



写真 4-2



写真 4-3



写真 4-4

4. 2. 2 被覆材の2次接着

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て 2 次接着を行った。2 次接着はキーテックの木更津工場で行い、被覆材の加工は長野県の齋藤木材工業で行った。被覆材の 2 次接着及び加工は写真 4-5～4-10 を示した。

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 (10kgf/cm²) 養生期間：解圧後 24 時間以上



写真 4-5 2次接着前の LVL

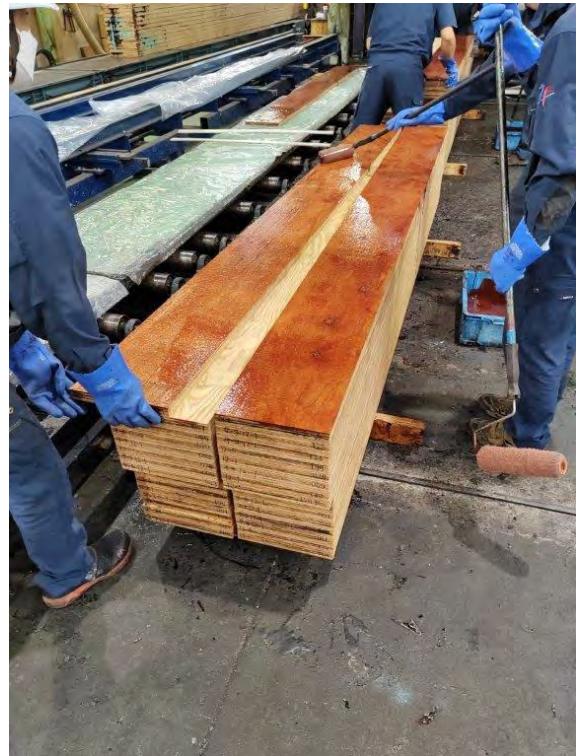


写真 4-6 レゾルシノール樹脂塗布



写真 4-7 圧縮



写真 4-8 被覆材加工前



写真 4-9 被覆材ビス穴あけ



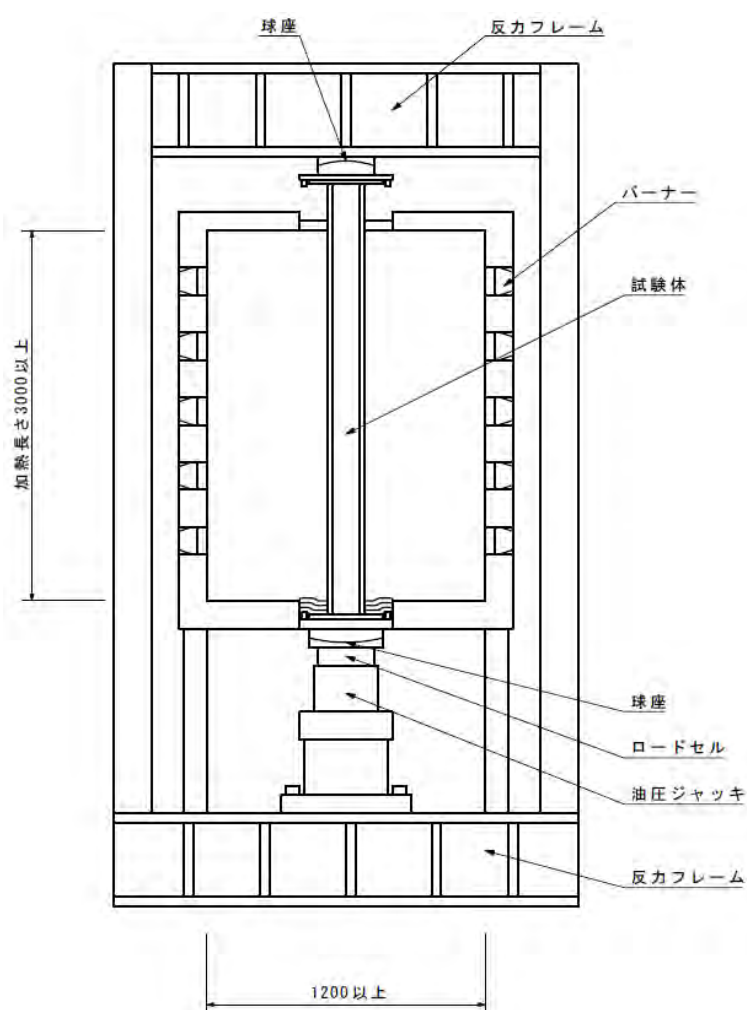
写真 4-10 被覆材加工後

4. 3 90分耐火構造柱（小断面）

小断面柱の90分耐火構造性能評価試験を大阪池田市の日本建築総合試験所で実施した。荷重支持部材の柱は180mm角のスギ集成材とし、被覆材は30mm厚の難燃薬剤処理単板積層材を2次接着し90mm厚の役物とした。被覆材に現場用ウレタン樹脂を塗布し、ビスにて柱に取り付けた。

4. 3. 1 試験

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1-1に柱炉の試験装置図を示した。試験実施日は1体目は令和5年12月4日、2体目は令和6年1月24日であった。



柱用試験装置図（寸法単位:mm）

図 1-1 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。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) 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℃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。

4. 2. 3. 2 試験体

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 3-1～2 と図 3-1～8、写真 3-1～3 に示す。

表 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	・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/cm^3(気乾、実測値) ・断面寸法 180×180
被覆材	・材質 りん・窒素系薬剤処理単板積層材 ・薬剤含浸量 最小 134 kg/m^3 平均 145kg/m^3 ・厚さ 厚さ 30 の板を積層 ・隅部 役物 (外形 180×180)

表 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	[1]被覆材留付用 [1]-1 ねじ ・材質 鉄鋼(防錆処理をしたもの) ・寸法 $\phi 5\text{ mm}\times\text{L}90\text{ mm}$ ・留付間隔 200 以下 [1]-2 接着剤 ・材質 ウレタン系樹脂接着剤 ・塗布量 300g/m^2 [1]-3 木栓 ・材質 木 ・寸法 $\phi 12\text{ mm}\times\text{L}60\text{ mm}$
表面塗装	[1]アクリル・ウレタン系樹脂塗料 ・塗布量 300g/m^2

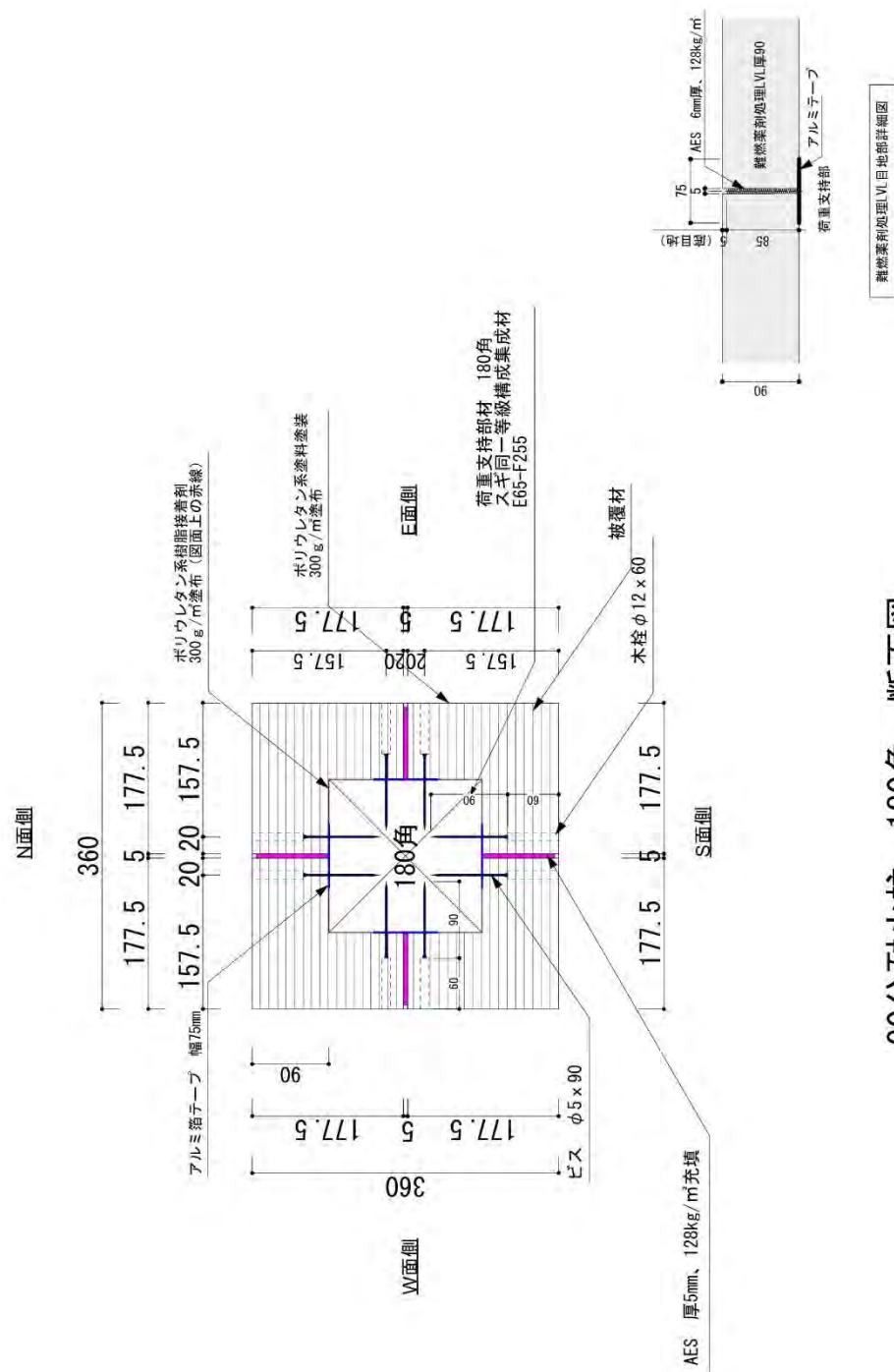
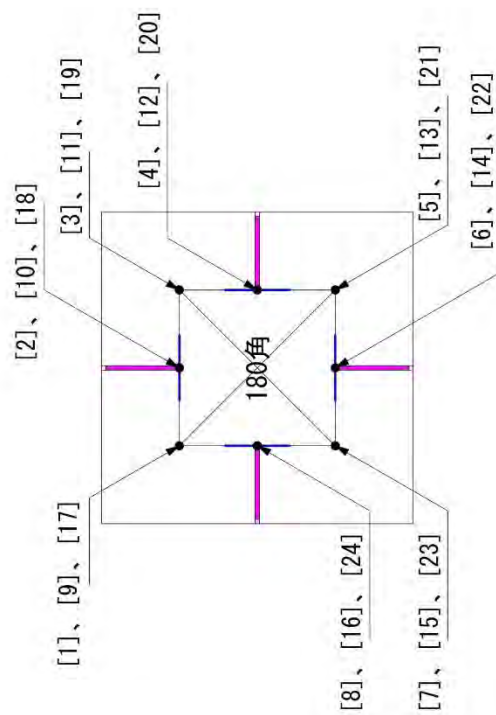


図 3-1 試験体の構造及び寸法

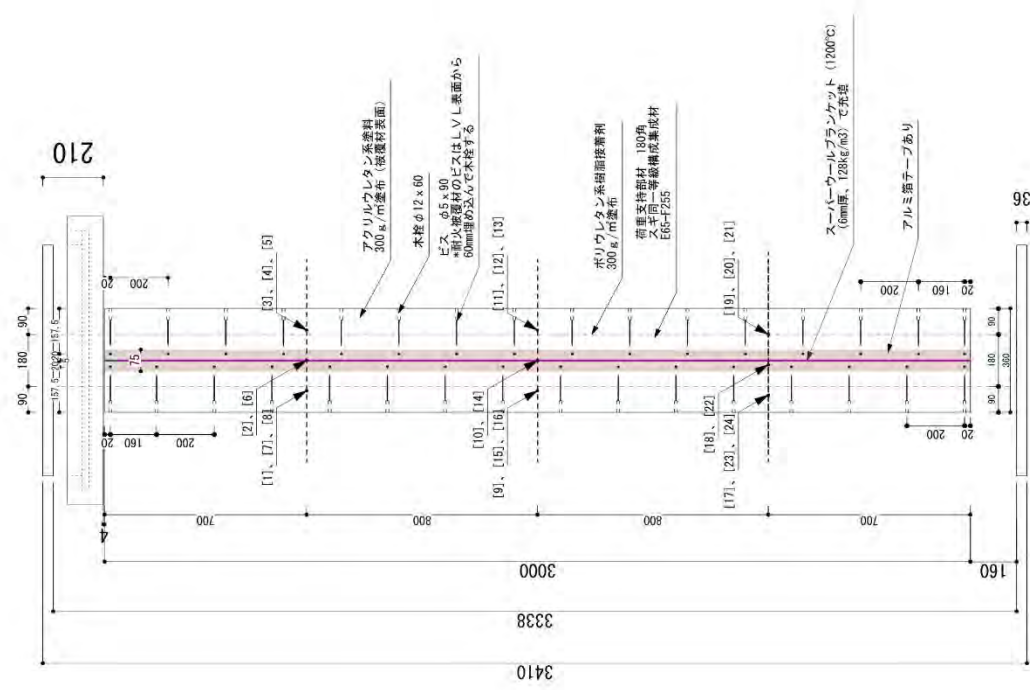
20231120



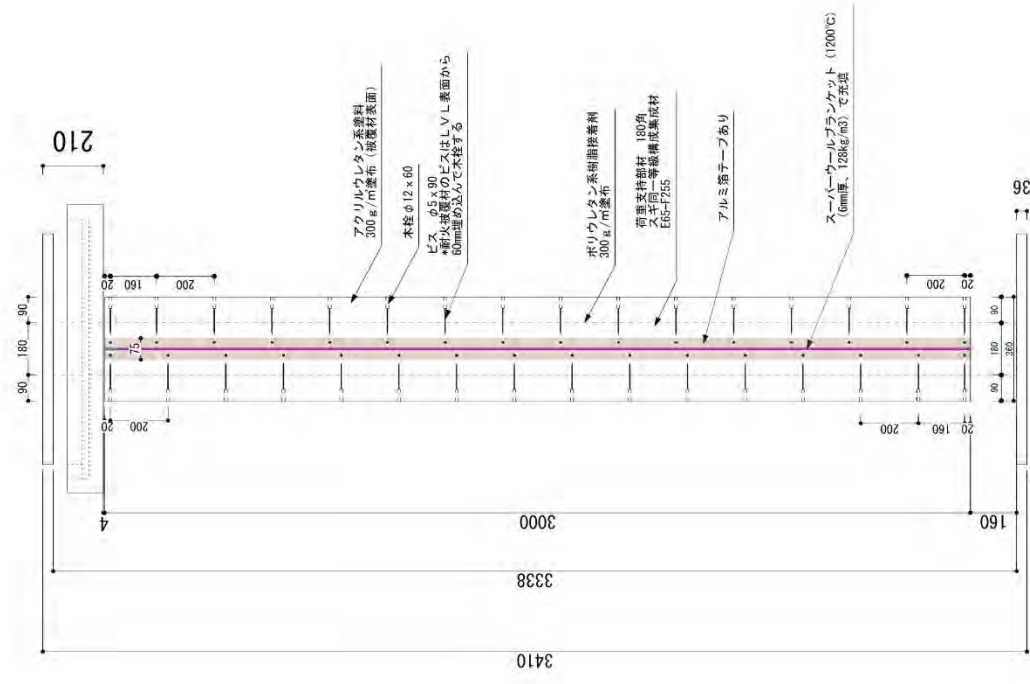
90分耐火柱 180°角熱電対断面

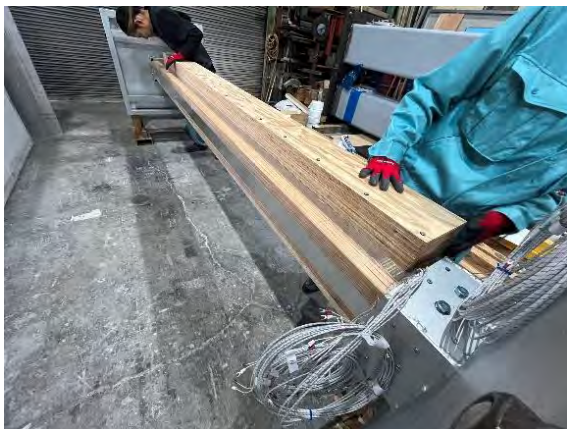
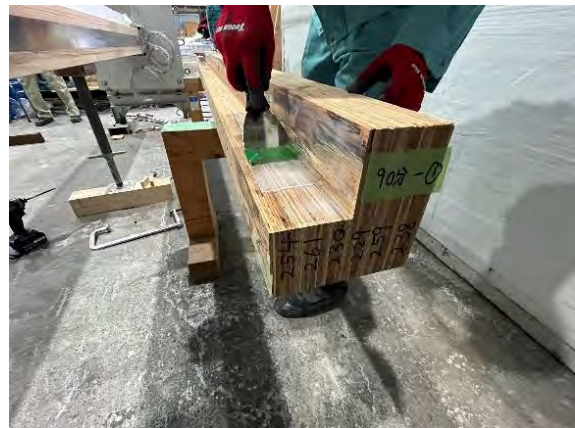
図 3-2 試験体の構造及び寸法

側面図（南面側）



側面図(東面側)





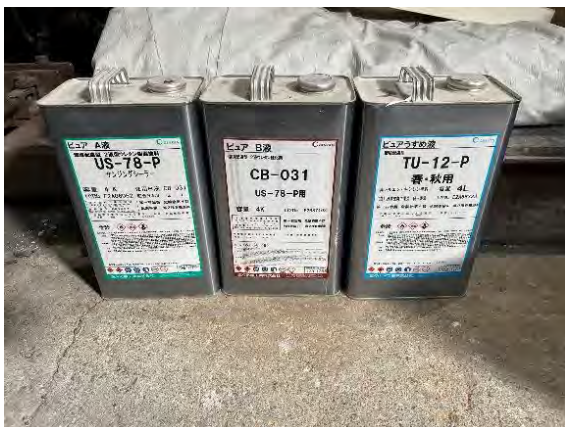


写真 3-1 製作時の様子

4. 3. 3 結果及び考察（1 体目）

（1） 結果

10時31分に加熱を開始し90分後の12時01分に加熱を終了、後追いに入った。加熱開始後840分で試験を終了し脱炉した。加熱温度測定曲線を図4-1、軸方向収縮（変形）量を図4-2、熱電対の内部温度曲線を図4-3～図4-5に示す。記録写真を写真4-1～写真4-22に示した。

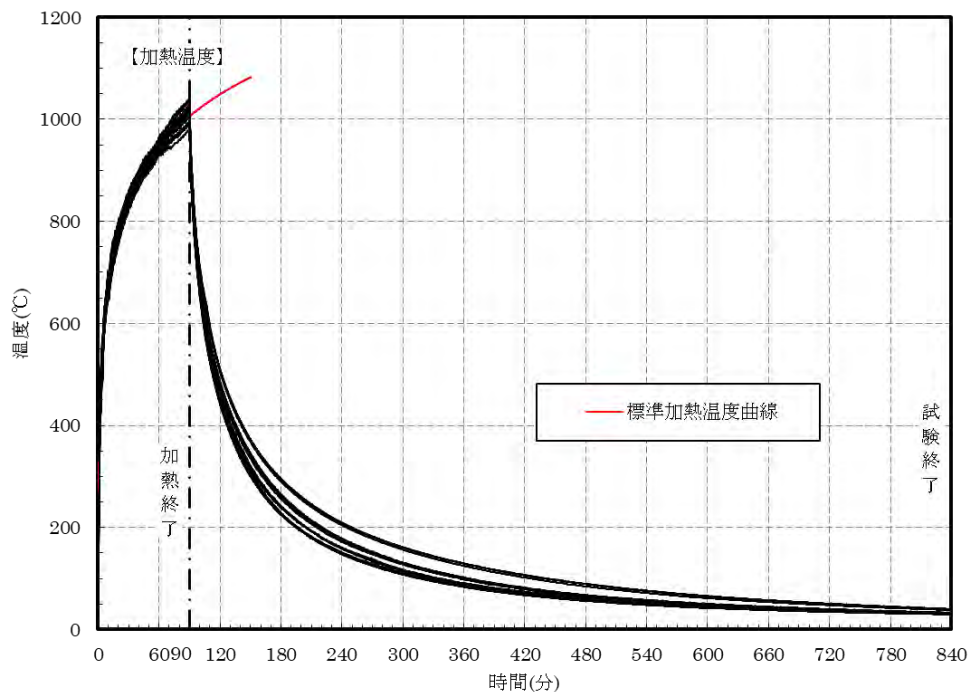


図 4-1 加熱温度測定曲線

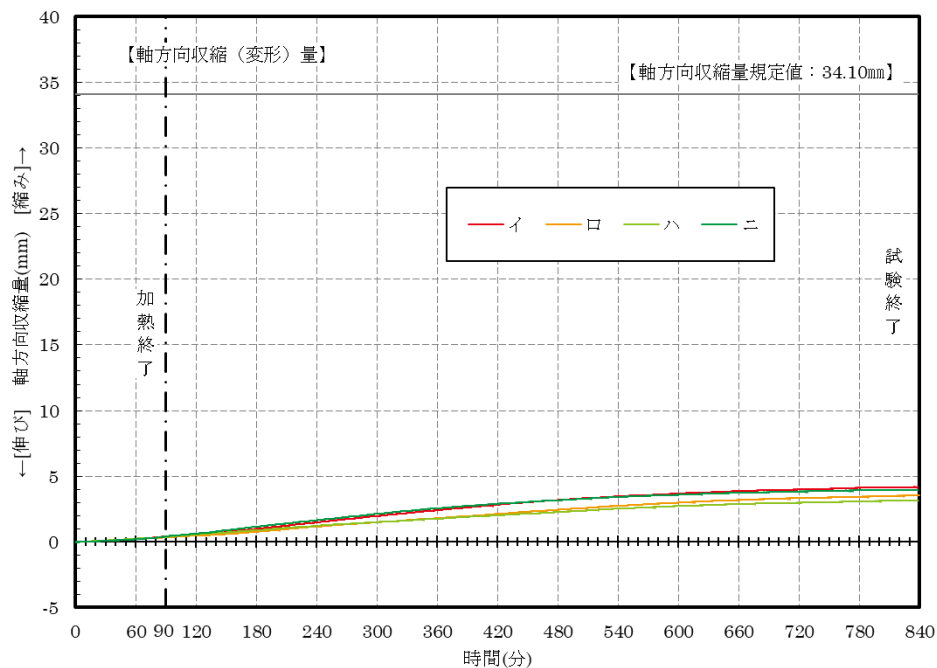


図 4-2 軸方向収縮（変形）量

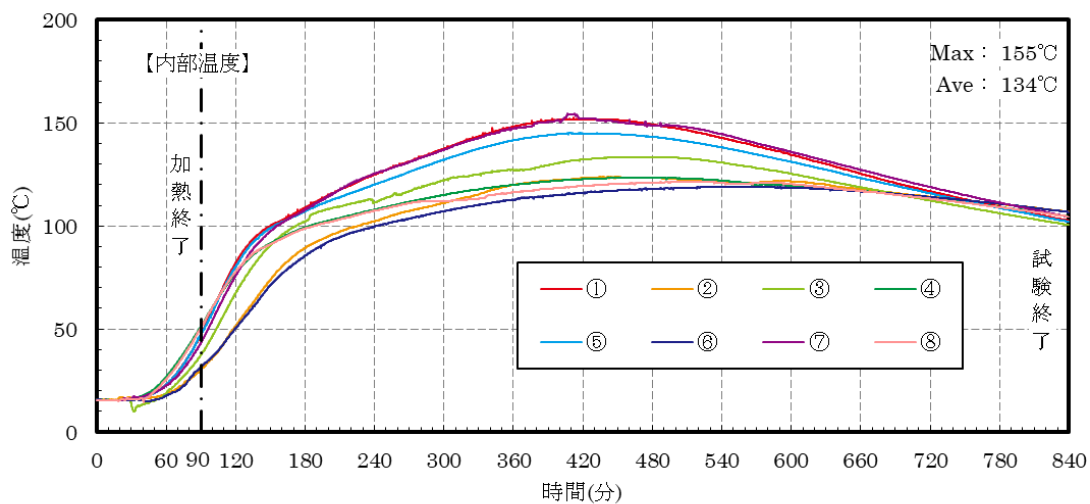


図 4-3 内部温度測定曲線（部位毎）

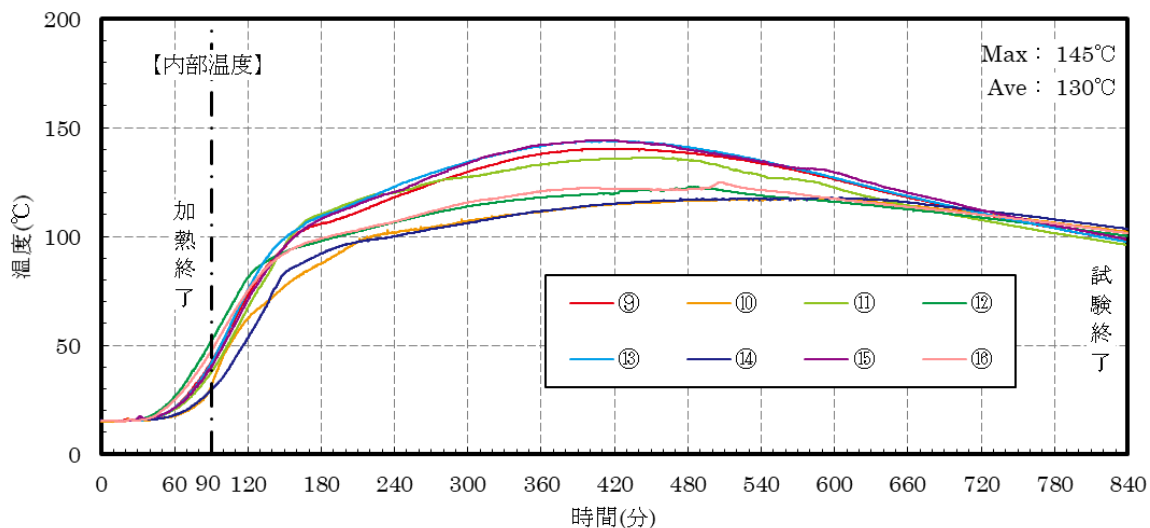


図 4-4 内部温度測定曲線（部位毎）

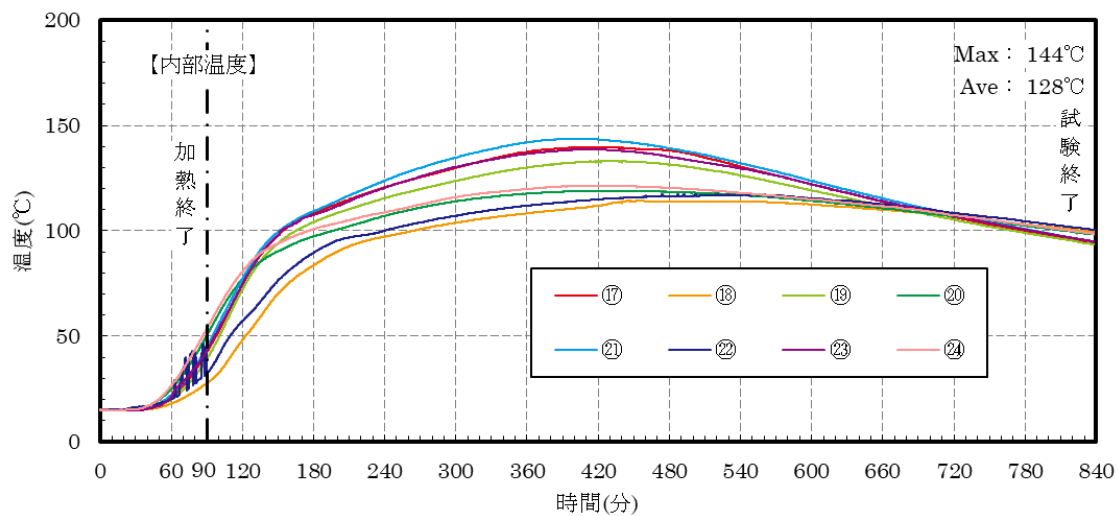


図 4-5 内部温度測定曲線（部位毎）



写真 4-1 試験体（加熱前）



写真 4-2 試験体（加熱前）



写真 4-3 試験体 (加熱前)

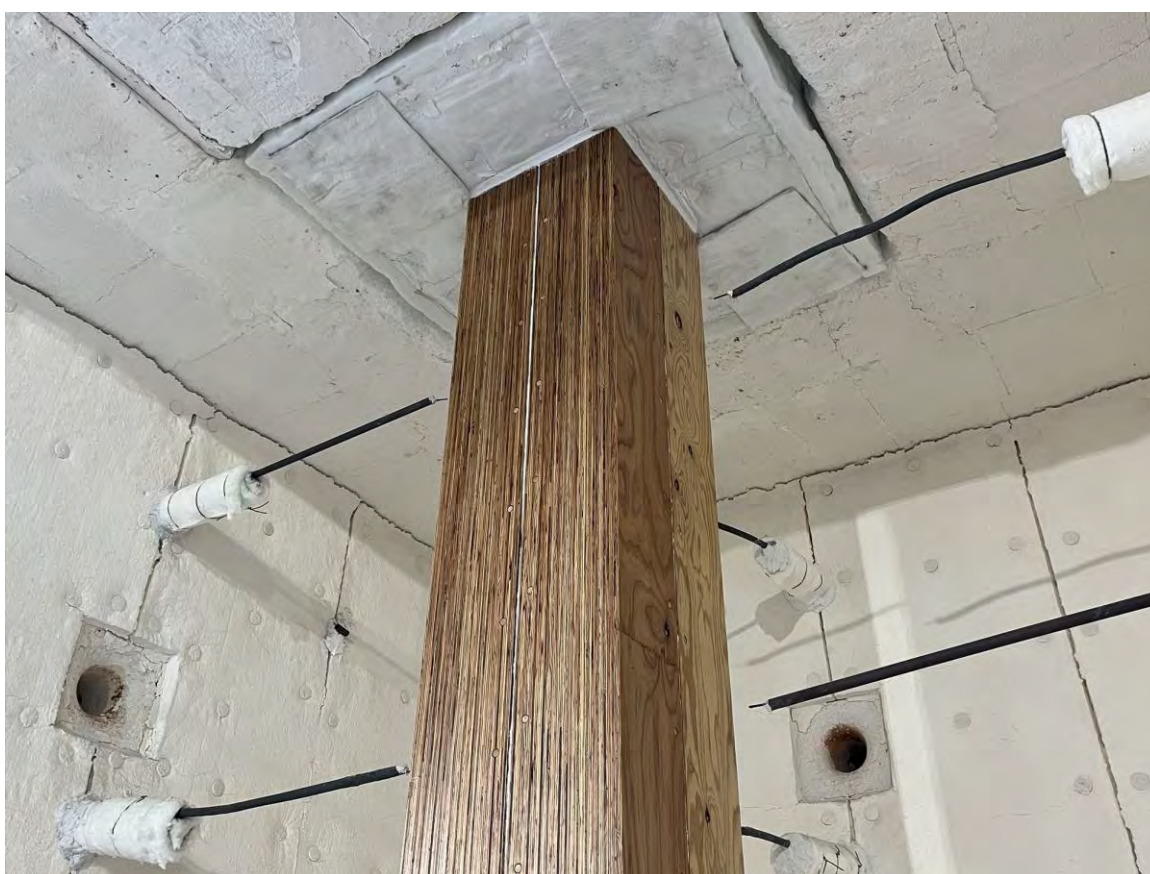


写真 4-4 試験体 (加熱前)



写真 4-5 5 分

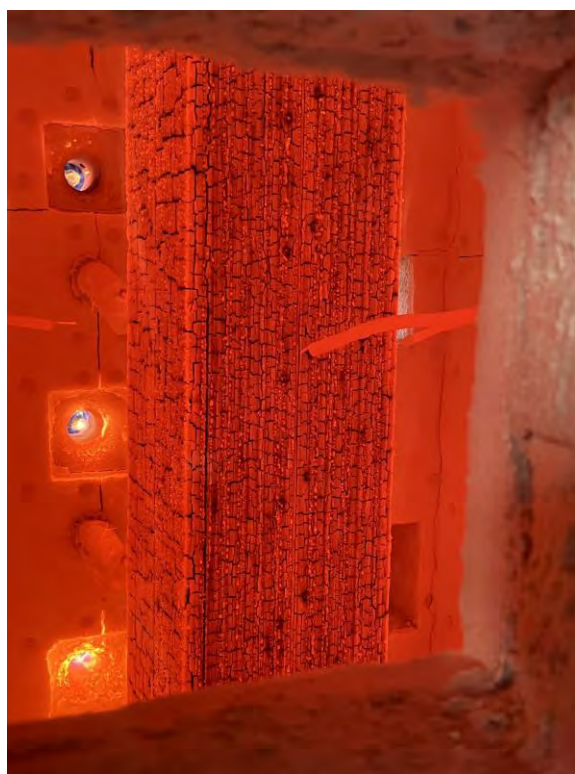


写真 4-6 25 分

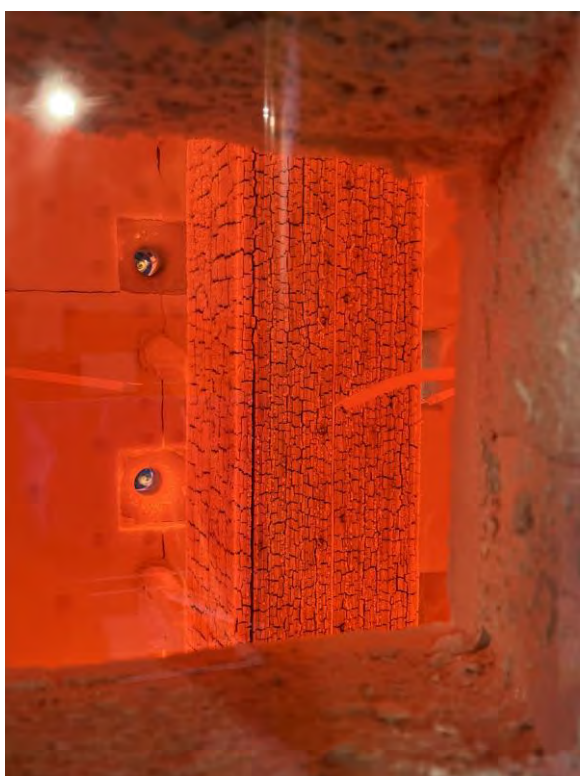


写真 4-7 40 分



写真 4-8 89 分



写真 4-9 脱炉後



写真 4-10 脱炉後



写真 4-11 脱炉後 右奥に脱落部分あり



写真 4-12 脱炉後



写真 4-13 脱落した被覆材



写真 4-14 被覆材が脱落した部位



写真 4-15 脱炉後 (東側)



写真 4-16 脱炉後 (南側)

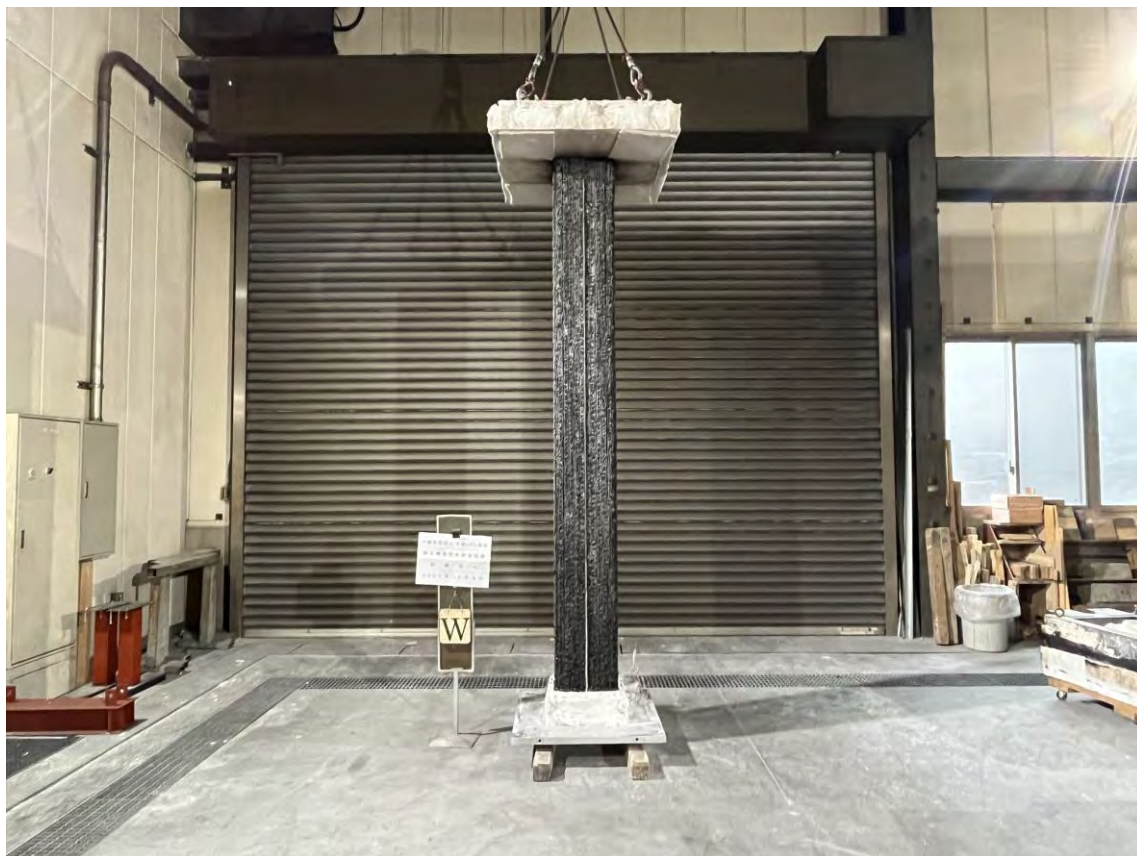


写真 4-17 脱炉後 (西側)



写真 4-18 脱炉後 (北)



3

写真 4-19 試験体



写真 4-20 積層面



写真 4-21 板目面



写真 4-22 断面カット



写真 4-23 断面（下から 630mm 被覆材脱落部分）



写真 4-24 断面（下から 1370mm 被覆材脱落部分）



写真 4-25 断面（下から 1370mm 被覆材脱落部分側 黒色化が一番大きかった）



写真 4-26 断面（下から 2496mm）

(2) 考察

試験後の試験体の断面を3カ所カットしたところ、3カ所とも荷重支持部材の炭化は無く、1体目は合格の判断となった。脱炉直後の被覆部分では、下から630mmと1370mmの2カ所脱落しているのが認められた。630mmの部分は、N面で大きく脱落していたが被覆材の黒色化が進んでおらず、加熱終了後に被覆材が脱落したと考えられた。1370mmの部分はS面で脱落しており、この部分の黒色化が大きく進み、荷重支持部材近くまで達していた。加熱中に脱落し、熱を多く受けたと考えられた。2体目でも加熱中に脱落がおきた場合、通常部より早く熱が内部に伝わりやすくなる可能性がある。

隅部の最大温度は、下部のNo.7で400分に155℃であった。過去の90分耐火予備試験時のほぼ同仕様の被覆部と比較したところ、7月の190℃(480分)、5月の180℃(600分)よりも低い温度で早い時間にピークに達していた。7月の短柱試験では、同時に試験していた仕様のうち燃え込んでいた試験体が混在し、炉内温度が高めであったことが内部温度が高かった原因と考えられた。

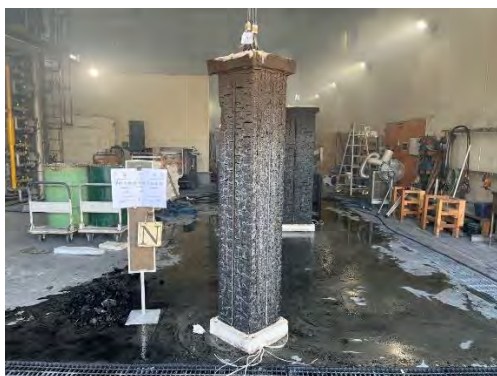


写真 7月水平炉短柱予備試験 試験後試験体と断面



写真 5月柱炉予備試験 試験後試験体と断面

4. 3. 4 結果及び考察（2 体目）

（1） 結果

10時31分に加熱を開始し90分後の12時01分に加熱を終了、後追いに入った。加熱開始後660分で試験を終了し脱炉した。加熱温度測定曲線を図4-1、軸方向収縮（変形）量を図4-2、熱電対の内部温度曲線を図4-3～図4-5に示す。記録写真を写真4-1～写真4-22に示した。

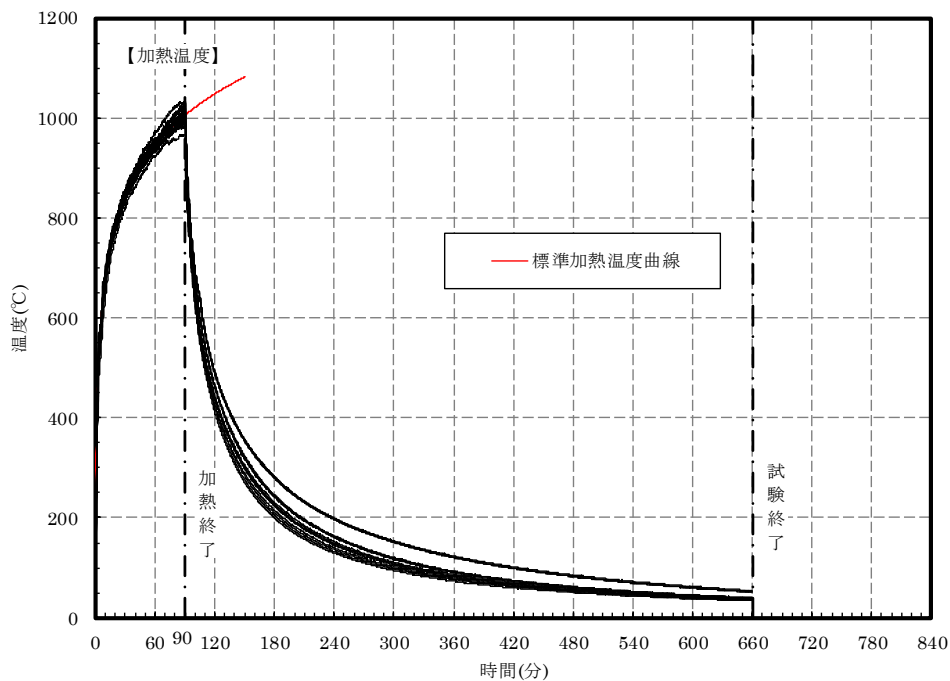


図 4-1 加熱温度測定曲線

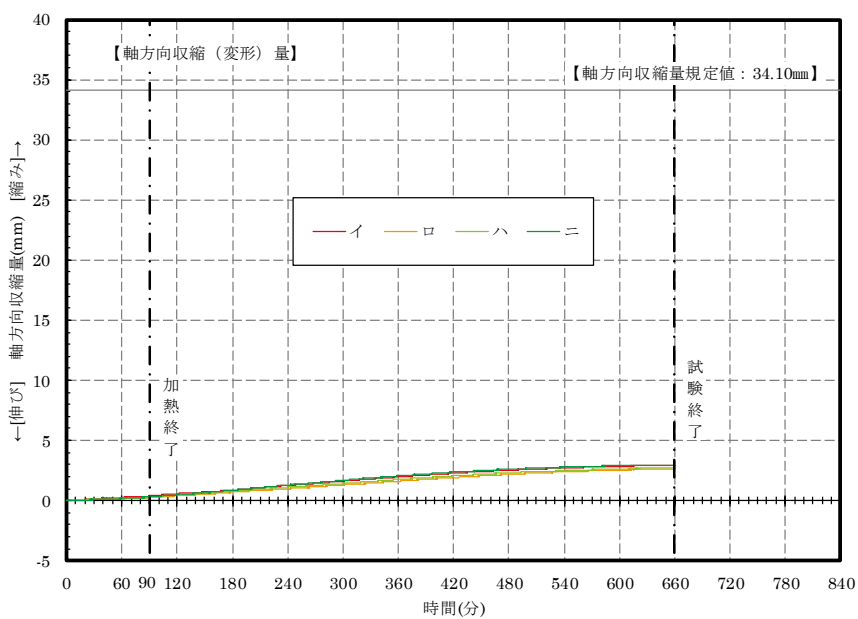


図 4-2 軸方向収縮（変形）量

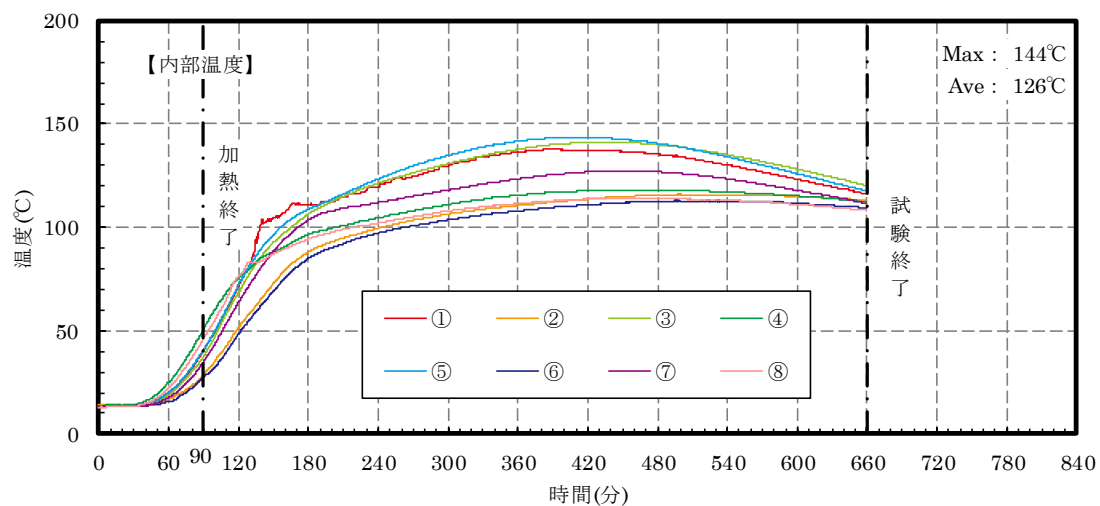


図 4-3 内部温度測定曲線（部位毎）

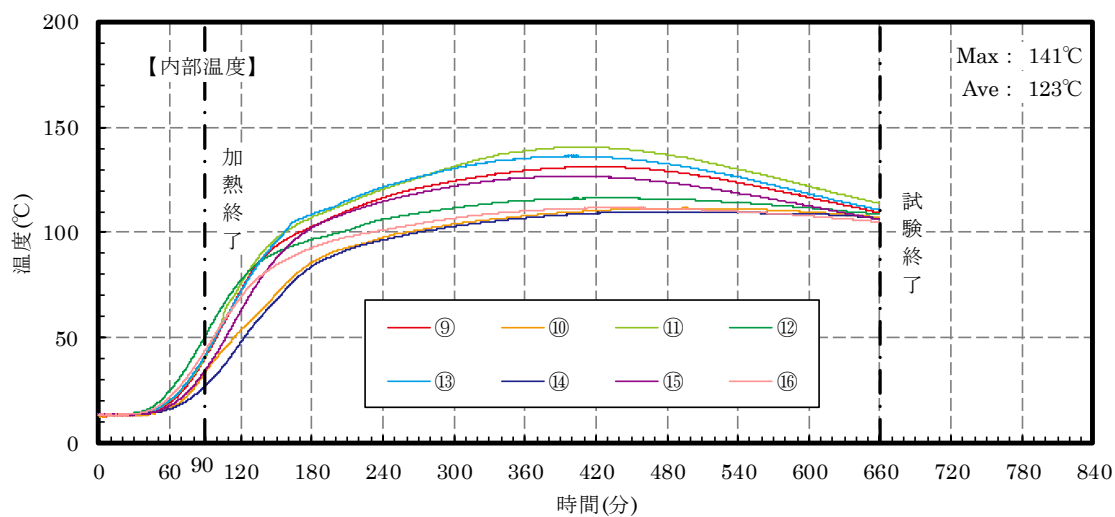


図 4-4 内部温度測定曲線（部位毎）

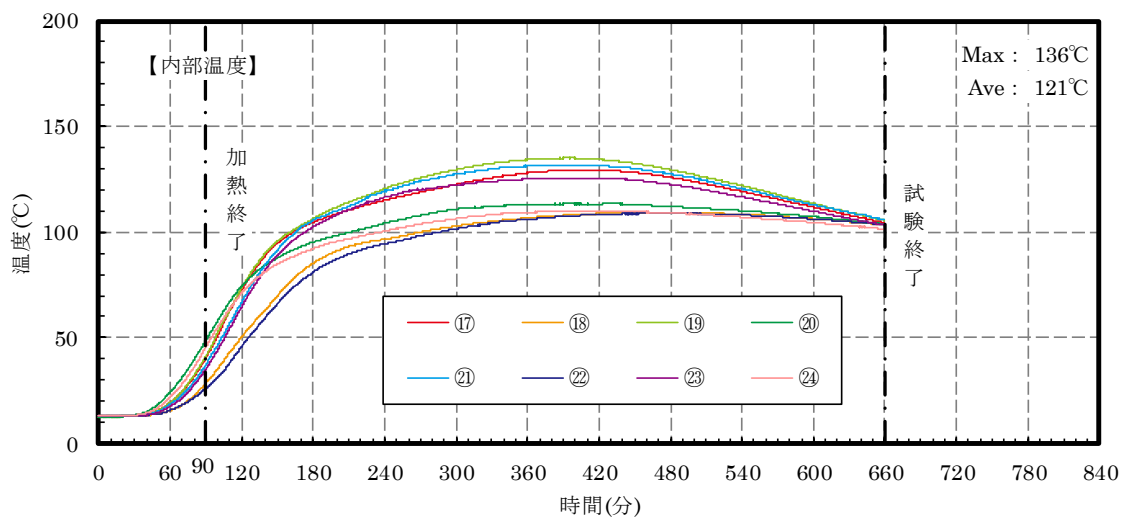


図 4-5 内部温度測定曲線（部位毎）



写真 4-1 試験体 (加熱前)



写真 4-2 試験体 (加熱前)



写真 4-3 試験体 (加熱前)

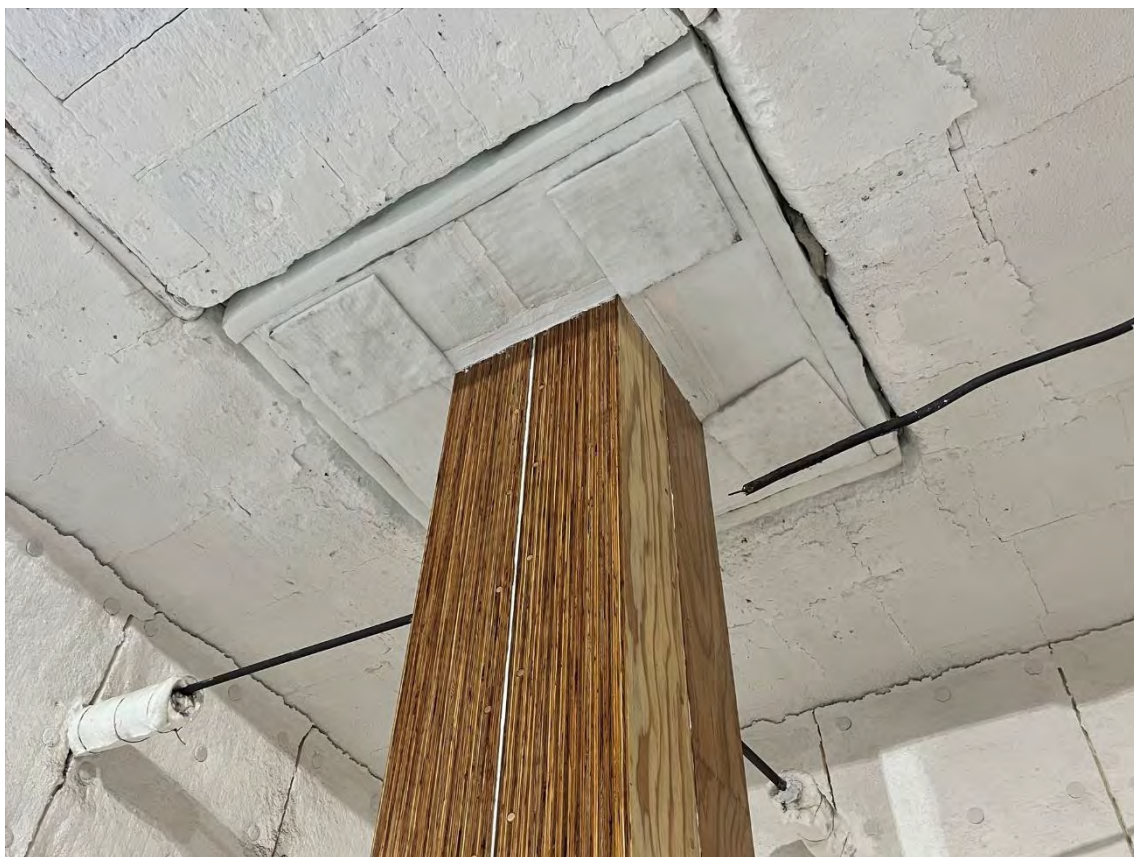


写真 4-4 試験体 (加熱前)



写真 4-5 9 分



写真 4-6 13 分

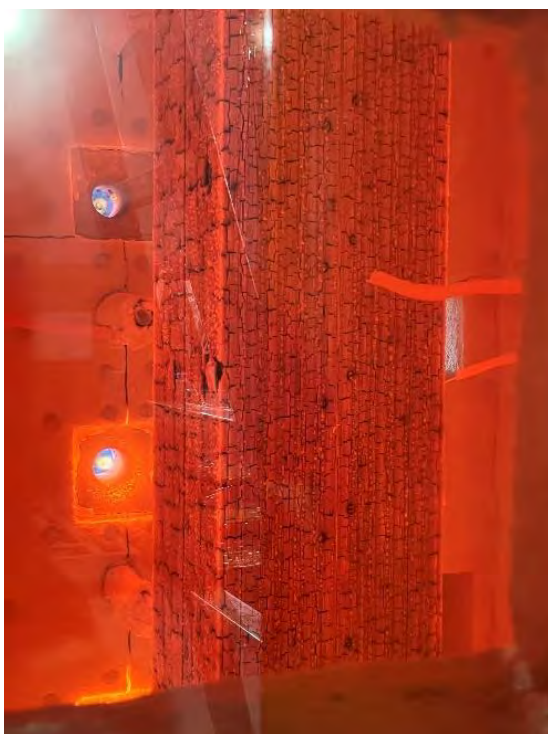


写真 4-7 20 分



写真 4-8 70 分

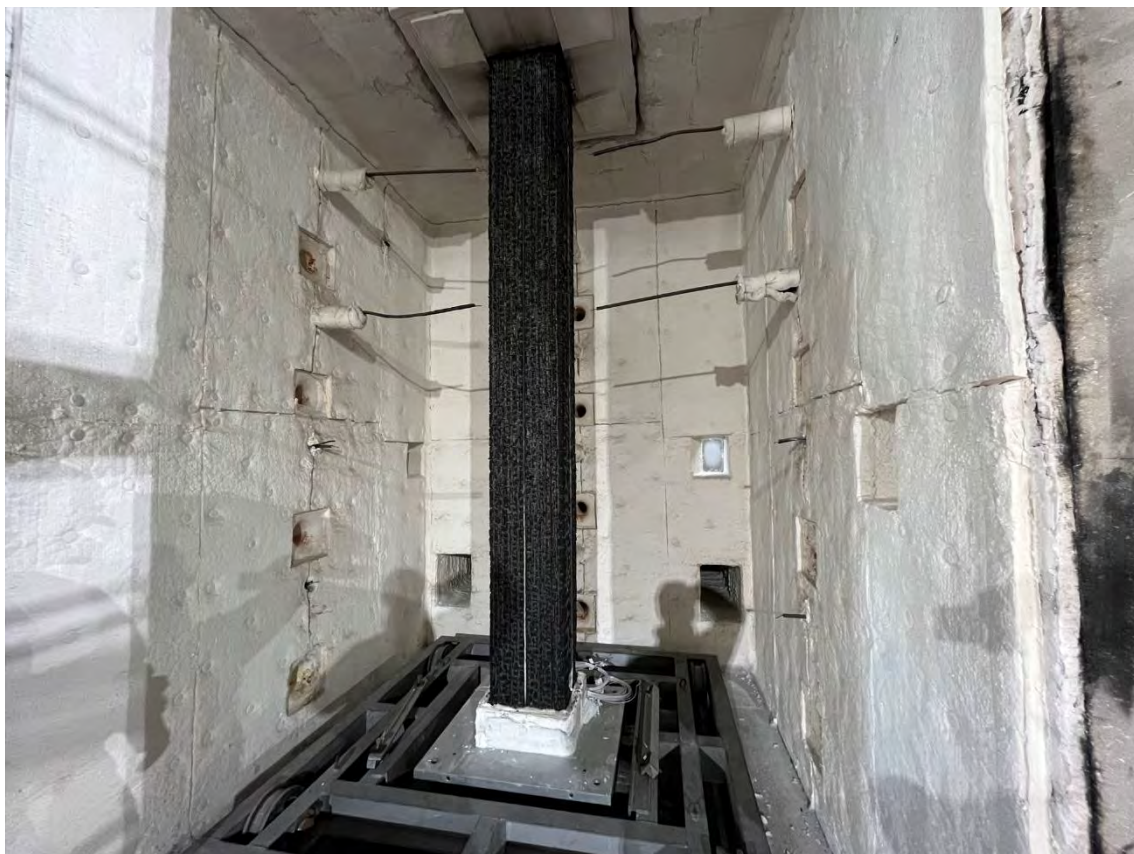


写真 4-9 脱炉後



写真 4-15 脱炉後 (東側)



写真 4-16 脱炉後 (南側)



写真 4-17 脱炉後 (西側)



写真 4-18 脱炉後 (北)



写真 4-19 板目面（北側）

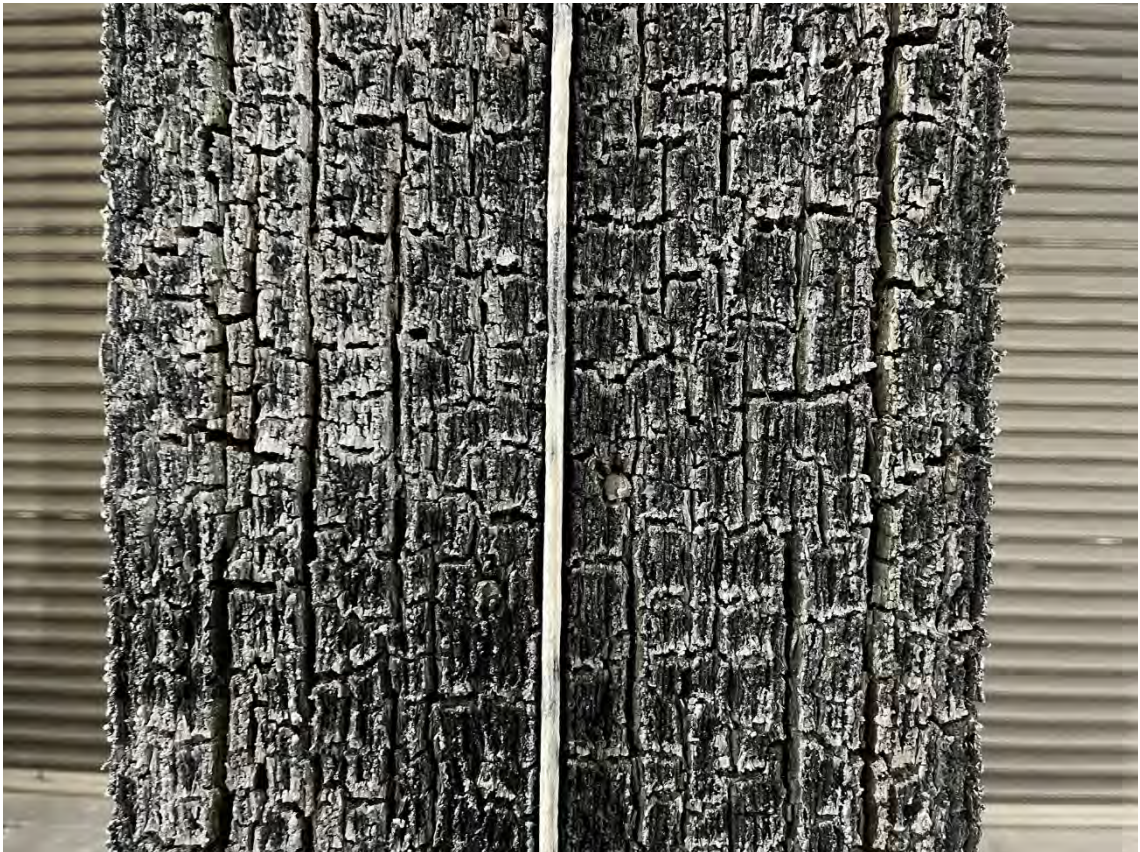


写真 4-20 積層面（西側）



写真 4-21 板目面（南面）



写真 4-22 積層面（東側）



写真 4-23 断面カット



写真 4-24 断面（下から 590mm）



写真 4-25 断面（下から 1700mm）



写真 4-26 断面（下から 2500mm）

(2) 考察

試験後の試験体の断面を3カ所カットしたところ、3カ所とも荷重支持部材の炭化は無く、2体目も合格の判断となった。脱炉直後の被覆部分では、下から630mmと1370mmの2カ所脱落しているのが認められた。1体目で見られた大きな脱落はなかった。

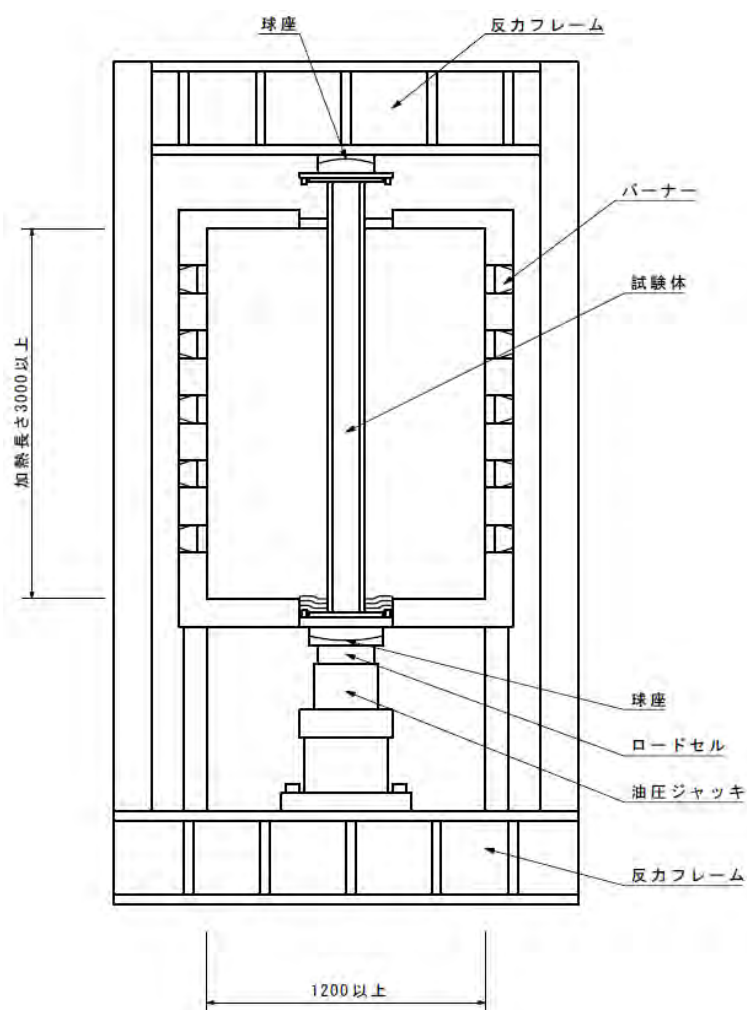
隅部の最大温度は、上部のNo.5で420分に144℃と、木材の炭化温度には十分余裕のある温度でピークに達していた。

4. 4 2 時間耐火構造柱（小断面）

小断面柱の2時間耐火構造性能評価試験を大阪池田市の日本建築総合試験所で実施した。荷重支持部材の柱は210mm角のスギ集成材とし、被覆材は30mm厚の難燃薬剤処理単板積層材を2次接着し120mm厚の役物とした。被覆材に現場用ウレタン樹脂を塗布し、ビスにて柱に取り付けた。

4. 4. 1 試験

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1-1に柱炉の試験装置図を示した。試験実施日は1体目は令和6年2月1日、2体目は令和6年3月13日であった。



柱用試験装置図（寸法単位:mm）

図 1-1 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。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）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℃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。

4. 4. 2 試験体

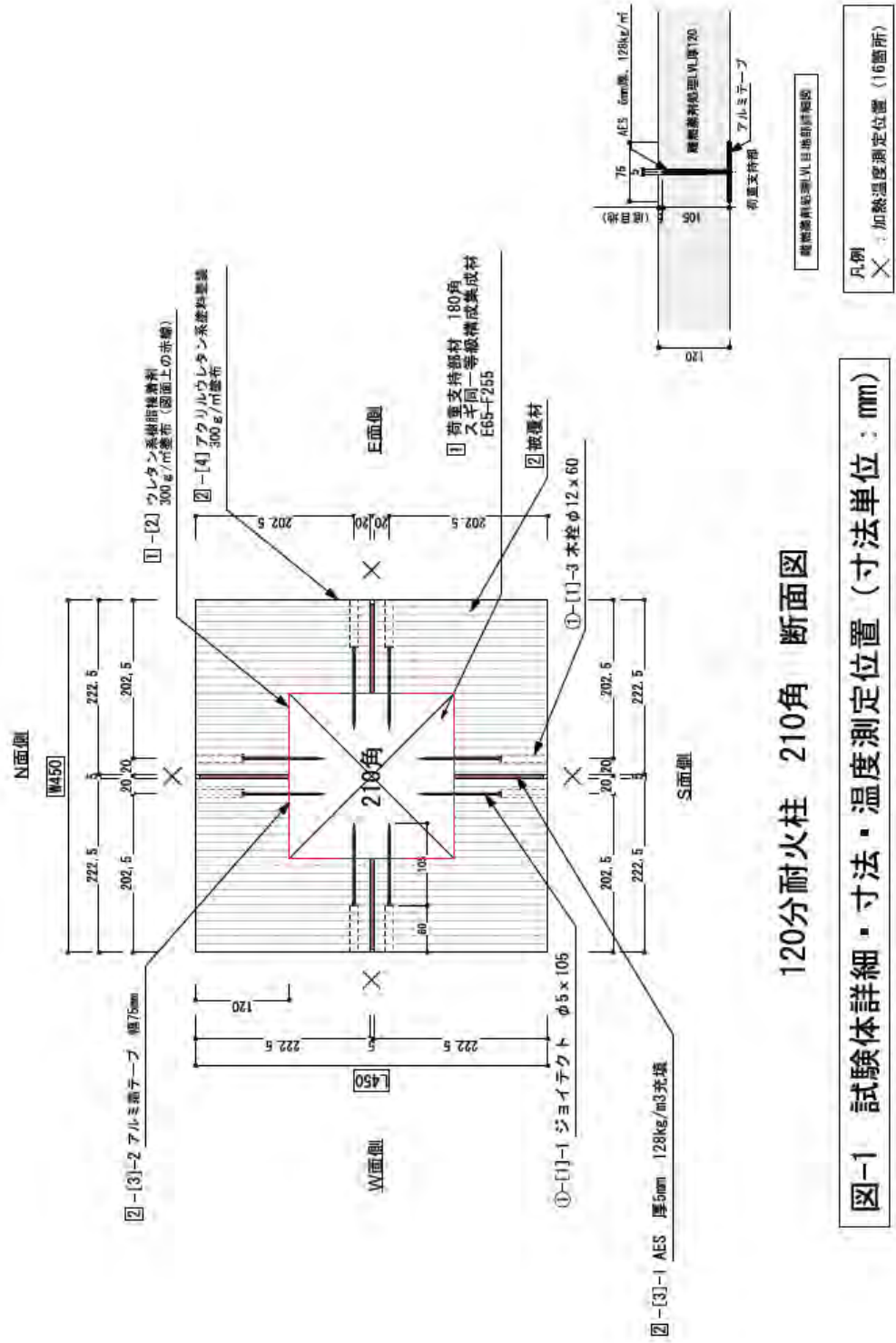
試験体の構成部材、組立仕様などの試験体仕様の一覧を製作時の様子を表 3-1～2 と図 3-1～8、写真 3-1～3 に示す。

表 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	・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/cm^3(気乾、実測値) ・断面寸法 210×210
被覆材	・材質 りん・窒素系薬剤処理単板積層材 ・薬剤含浸量 最小 134 kg/m^3 平均 145kg/m^3 ・厚さ 厚さ 30 の板を積層 ・隅部 役物 (外形 222.5×222.5)

表 3-2 試験体構成材料留付材 (寸法単位:mm)

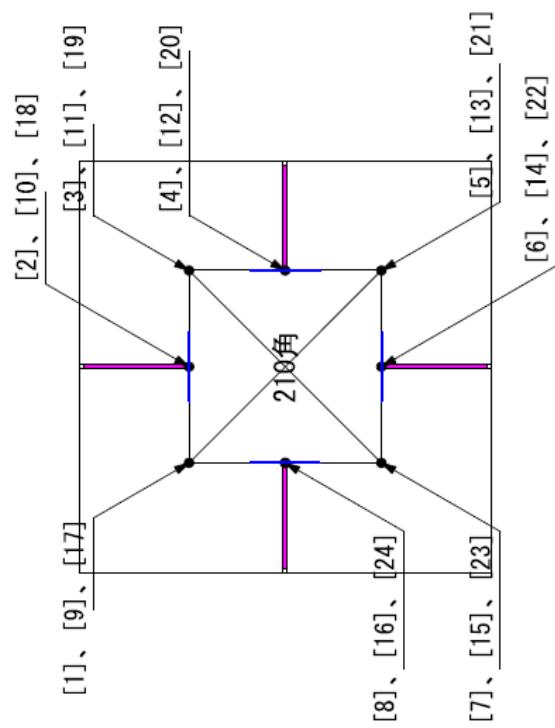
項 目	試験体の構造
留付材	[1]被覆材留付用 [1]-1 ねじ ・材質 鉄鋼(防錆処理をしたもの) ・寸法 $\phi 5\text{ mm}\times \text{L}105\text{ mm}$ ・留付間隔 200 以下 [1]-2 接着剤 ・材質 ウレタン系樹脂接着剤 ・塗布量 300g/m^2 [1]-3 木栓 ・材質 木 ・寸法 $\phi 12\text{ mm}\times \text{L}60\text{ mm}$
表面塗装	[1]アクリル・ウレタン系樹脂塗料 ・塗布量 300g/m^2



120分耐火柱 210角 断面図

図-1 試験体詳細・寸法・温度測定位置 (寸法単位: mm)

図 3-1 試験体の構造及び寸法



120分耐火柱 210°角熱電対断面

図 3-2 試験体の構造及び寸法

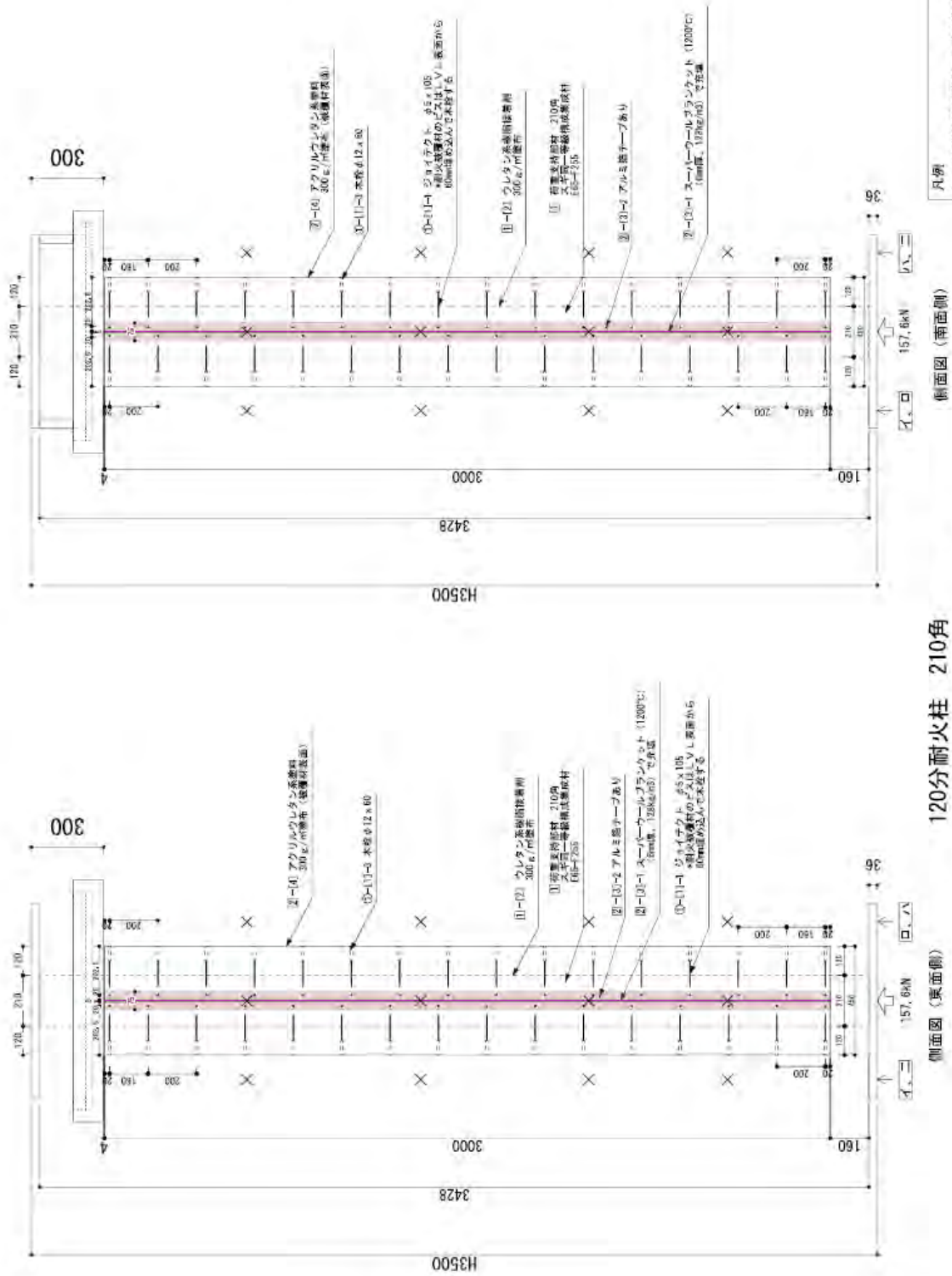
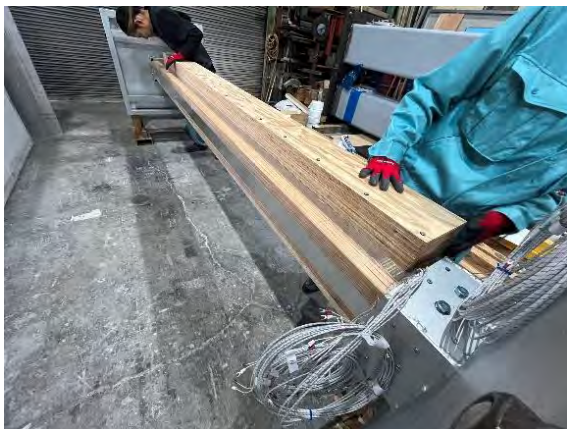
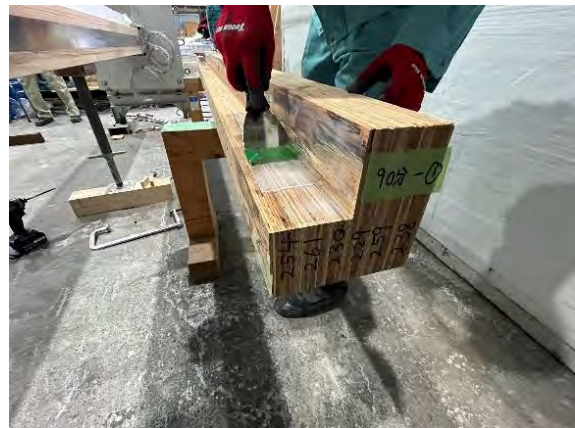


図-2 試験体詳細・寸法・各種測定位置 (寸法単位: mm)

図 3-3 試験体の構造及び寸法



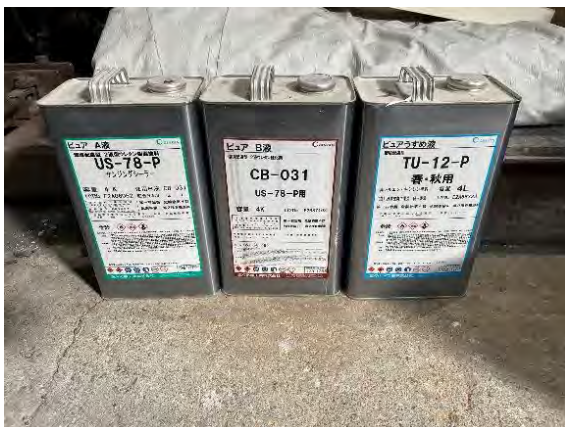


写真 3-1 製作時の様子

4. 3. 3 結果及び考察（1体目）

（1）結果

10時19分に加熱を開始し120分後の12時19分に加熱を終了、後追いに入った。加熱開始後840分で試験を終了し脱炉した。加熱温度測定曲線を図4-1、軸方向収縮（変形）量を図4-2、熱電対の内部温度曲線を図4-3～図4-5に示す。記録写真を写真4-1～写真4-22に示した。

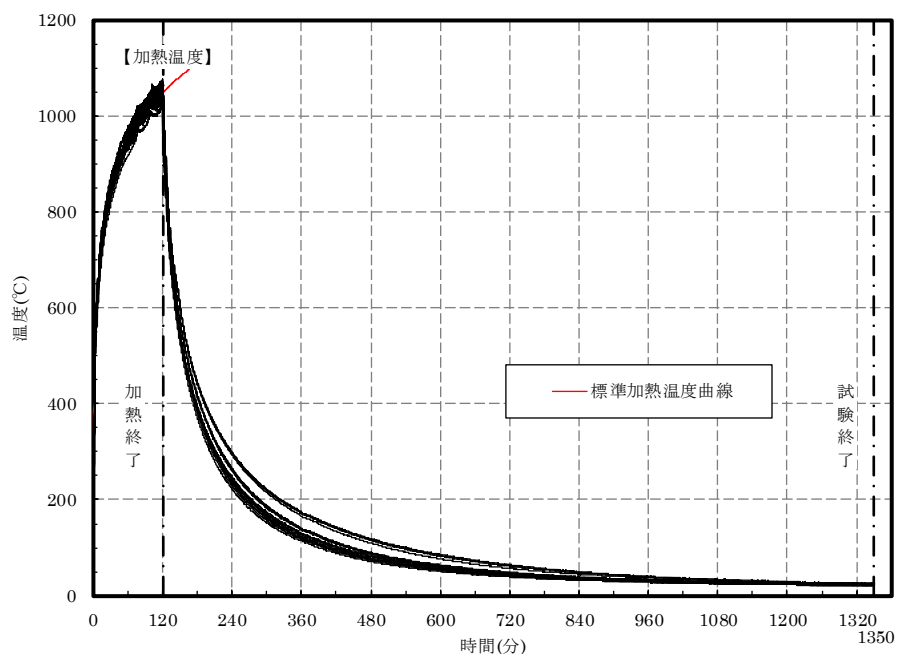


図 4-1 加熱温度測定曲線

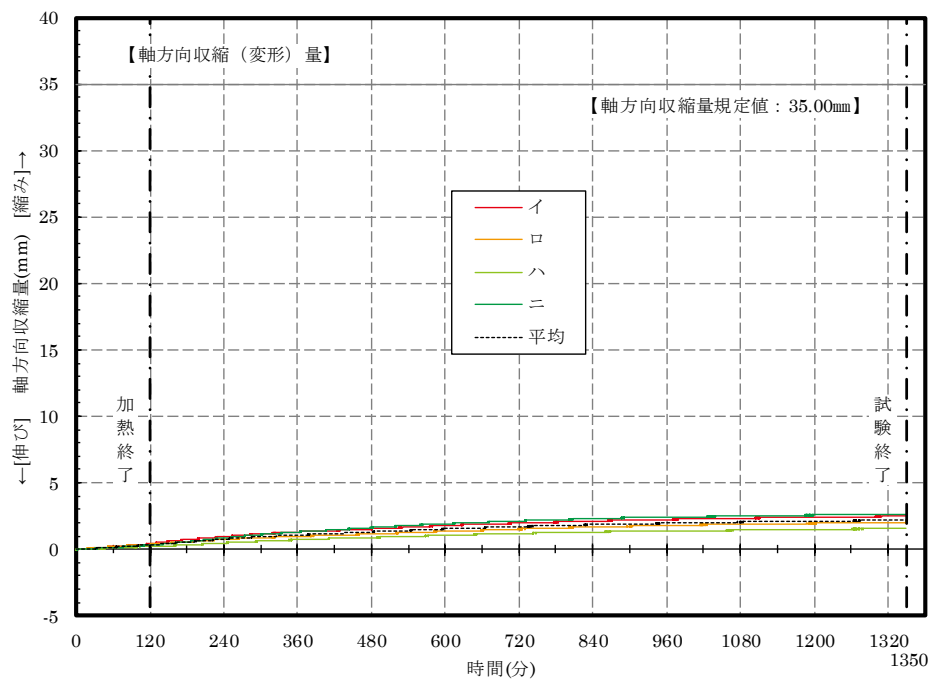


図 4-2 軸方向収縮（変形）量

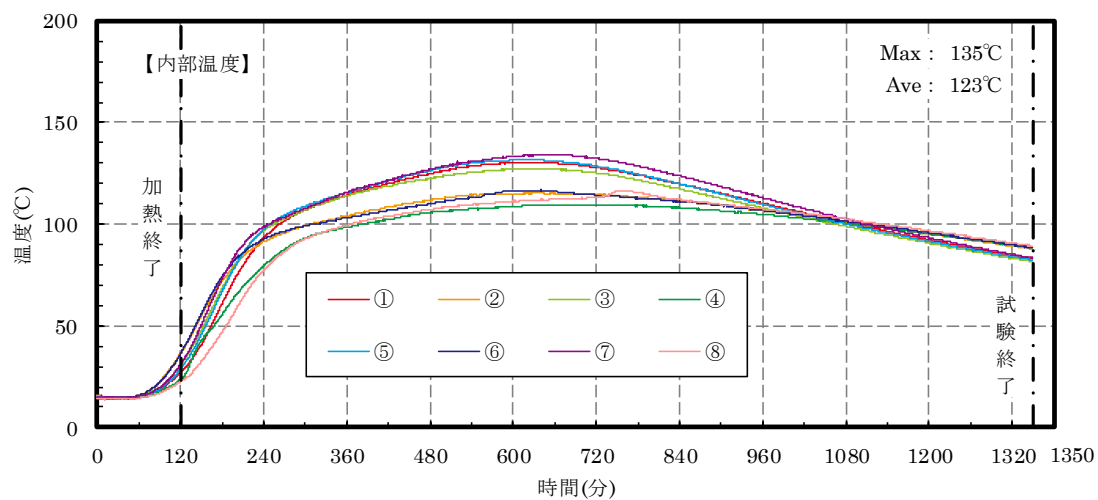


図 4-3 内部温度測定曲線（部位毎）

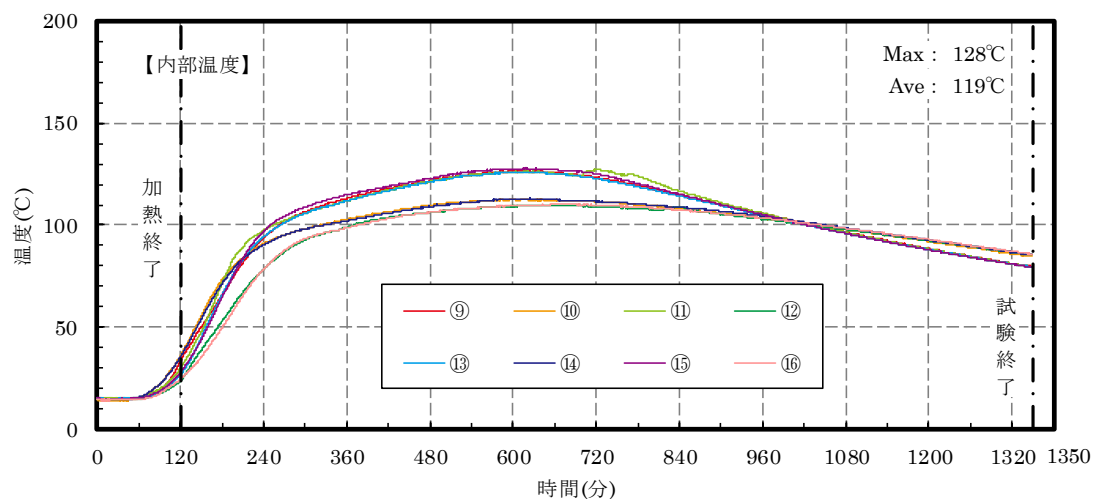


図 4-4 内部温度測定曲線（部位毎）

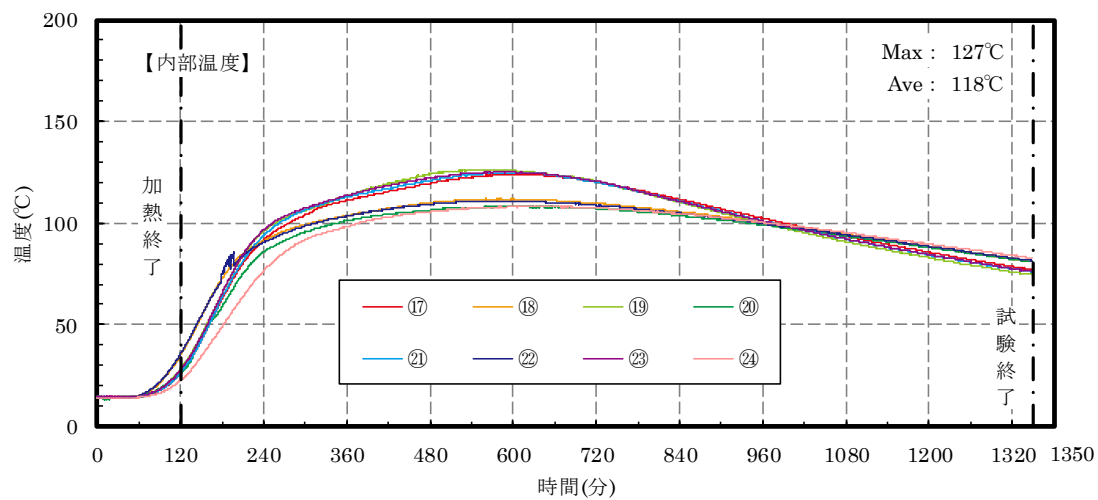


図 4-5 内部温度測定曲線（部位毎）



写真 4-1 試験体（加熱前）



写真 4-2 試験体（加熱前）



写真 4-3 試験体 (加熱前)

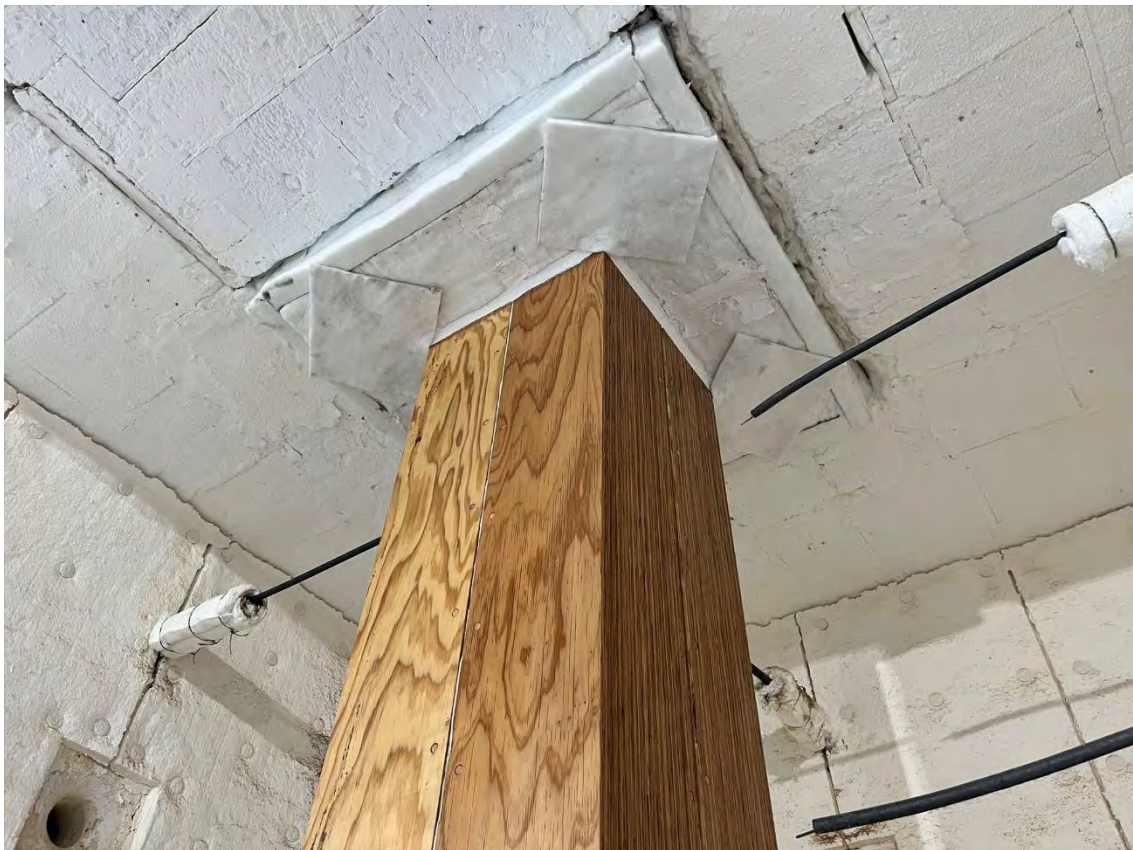


写真 4-4 試験体 (加熱前)

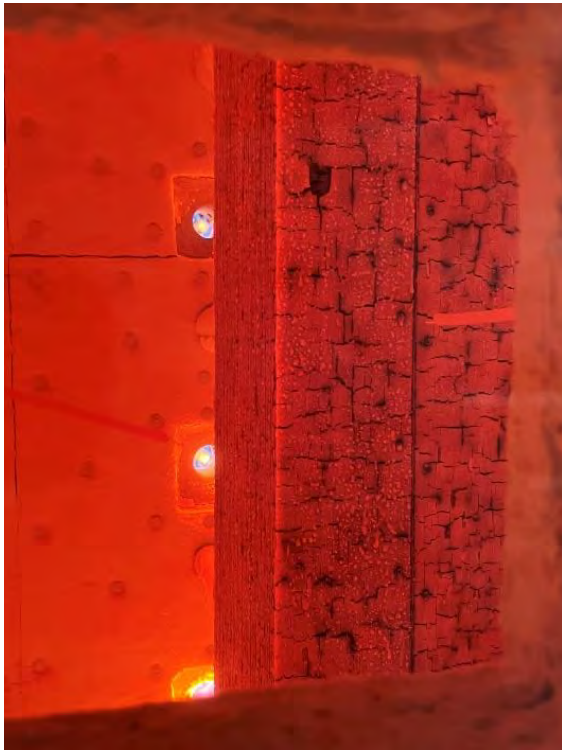


写真 4-5 20 分



写真 4-6 20 分

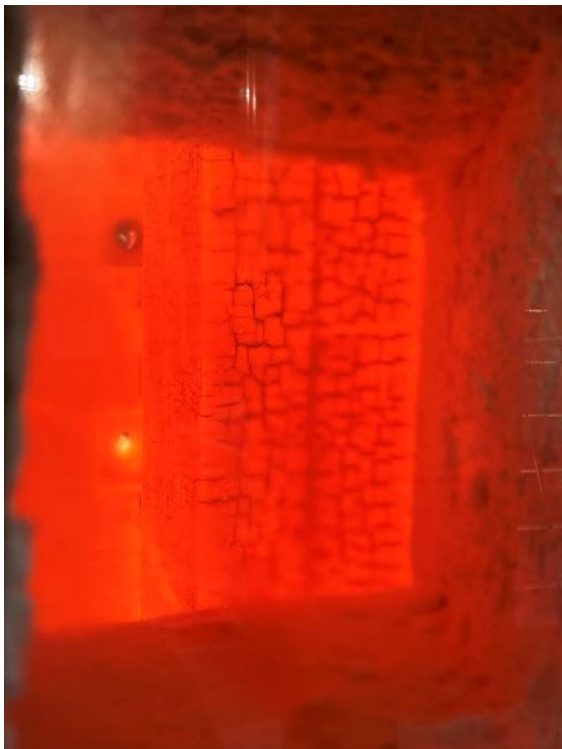


写真 4-7 80 分

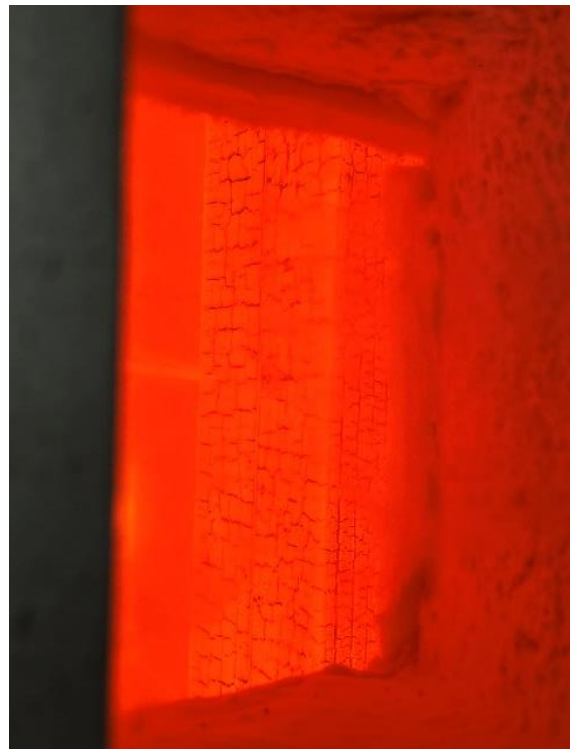


写真 4-8 80 分



写真 4-9 脱炉後



写真 4-15 脱炉後 (東側)



写真 4-16 脱炉後 (南側)



写真 4-17 脱炉後 (西側)



写真 4-18 脱炉後 (北)



写真 4-19 積層面（北側）



写真 4-20 板目面（西側）

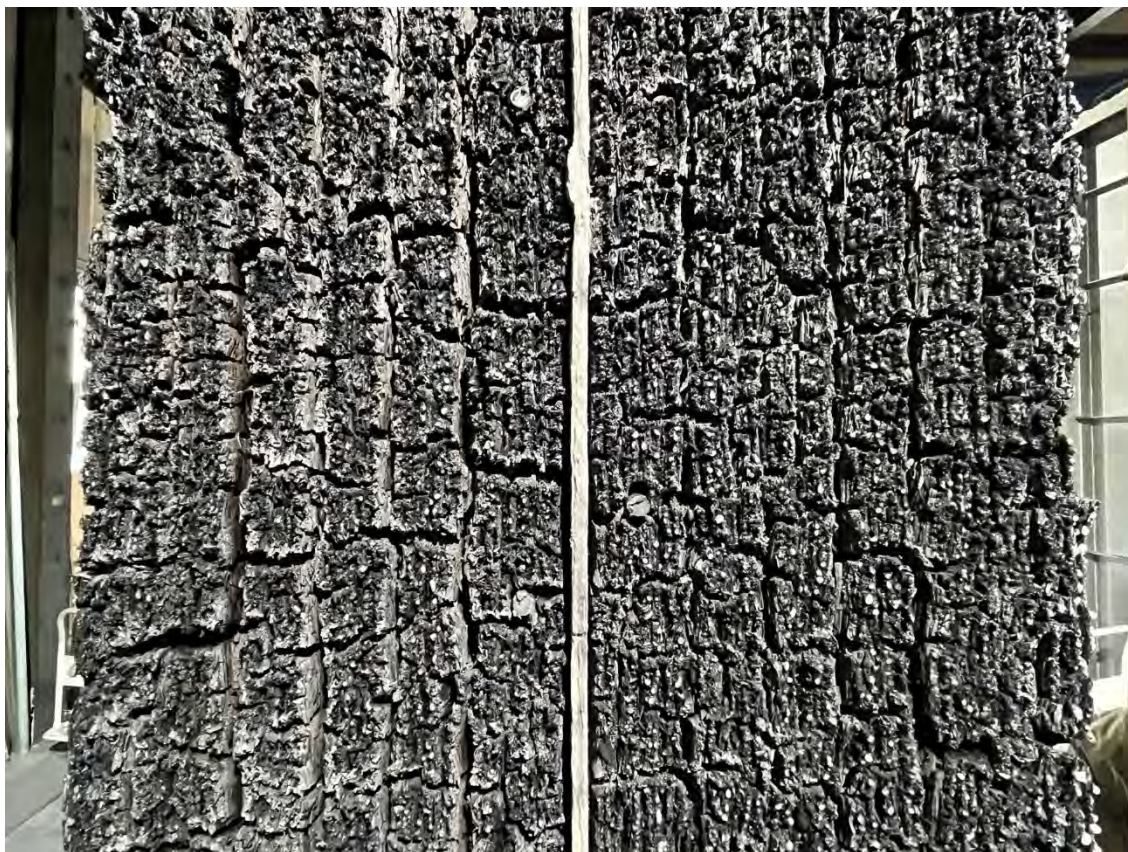


写真 4-21 積層面 (南面)



写真 4-22 板目面 (東側)



写真 4-23 断面カット



写真 4-24 断面（下部）



写真 4-25 断面（中部）



写真 4-26 断面（上部）

(2) 考察

試験後の試験体の断面を3カ所カットしたところ、3カ所とも荷重支持部材の炭化は無く、1体目は合格の判断となった。

隅部の最大温度は、下部の No.7 で 660 分に 135℃であった。

4. 3. 4 結果及び考察（2体目）

（1）結果

10時11分に加熱を開始し90分後の12時11分に加熱を終了、後追いに入った。加熱開始後660分で試験を終了し脱炉した。加熱温度測定曲線を図4-1、軸方向収縮（変形）量を図4-2、熱電対の内部温度曲線を図4-3～図4-5に示す。記録写真を写真4-1～写真4-22に示した。

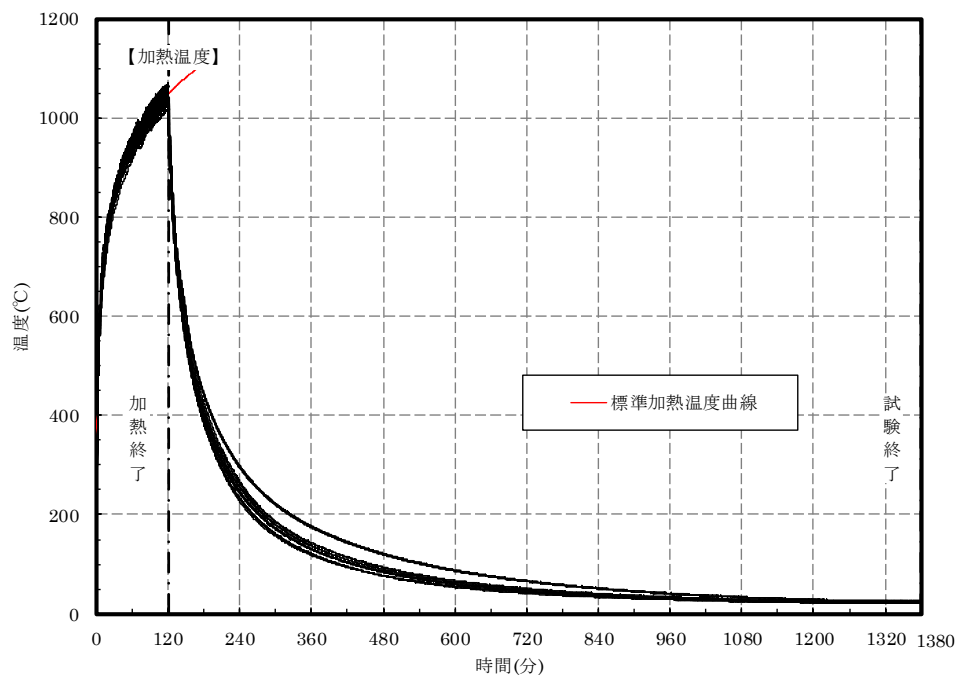


図 4-1 加熱温度測定曲線

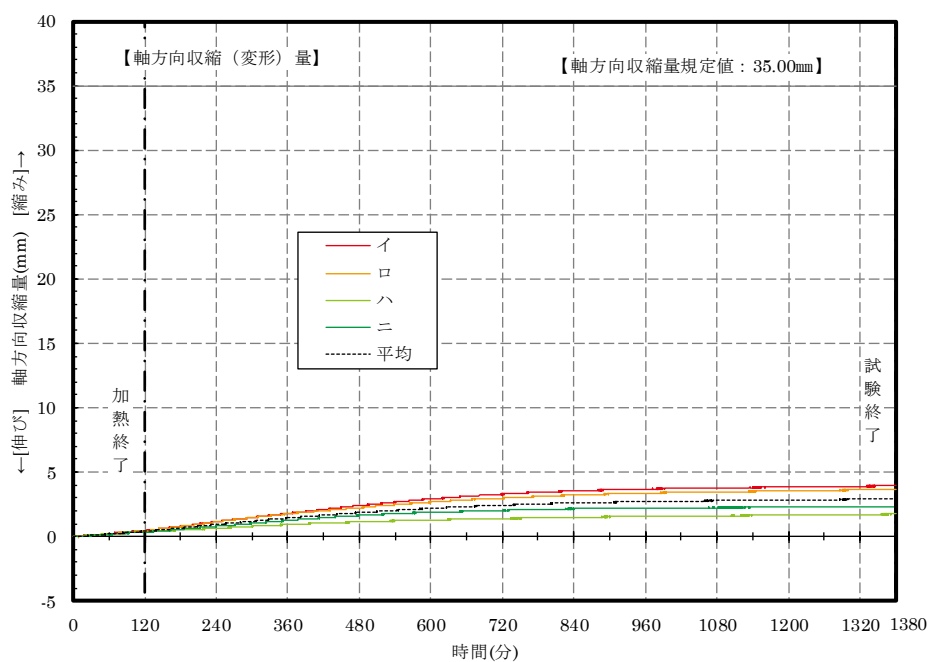


図 4-2 軸方向収縮（変形）量

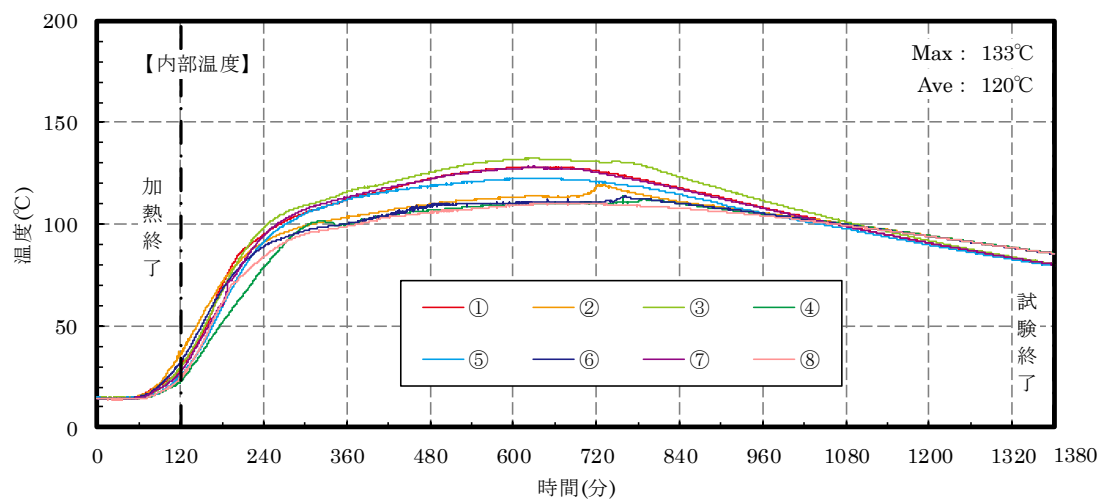


図 4-3 内部温度測定曲線（部位毎）

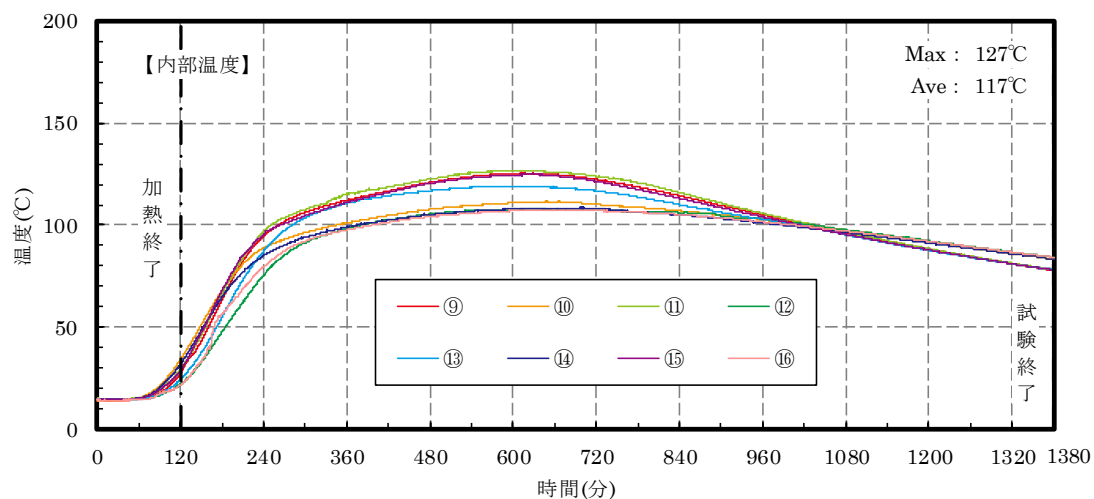


図 4-4 内部温度測定曲線（部位毎）

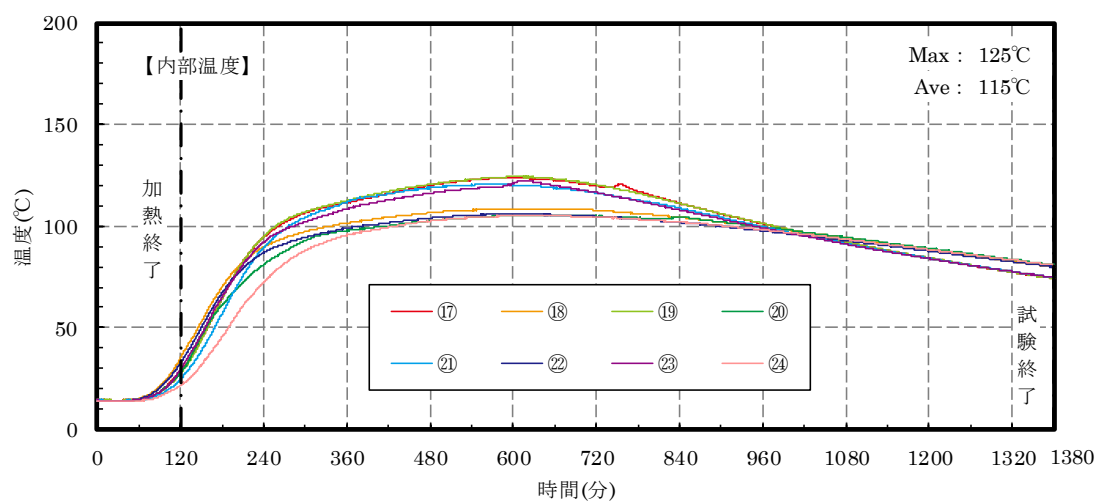


図 4-5 内部温度測定曲線（部位毎）



写真 4-1 試験体 (加熱前)



写真 4-2 試験体 (加熱前)

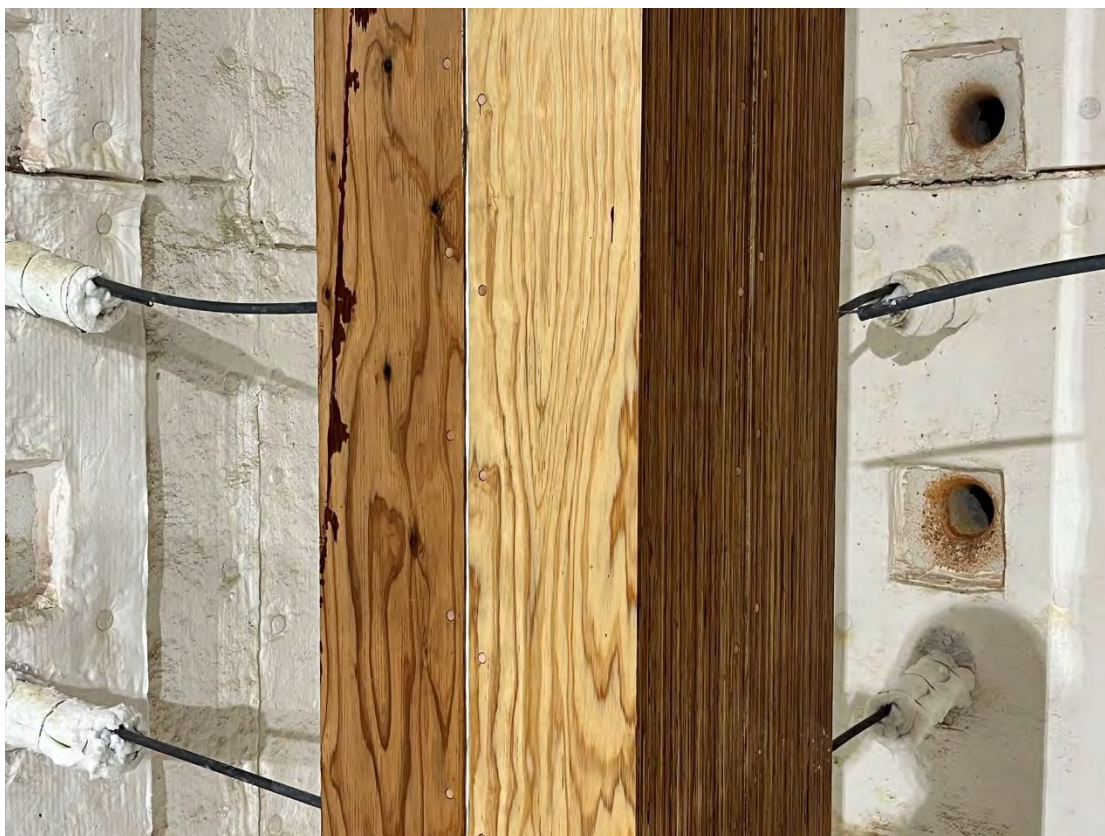


写真 4-3 試験体 (加熱前)

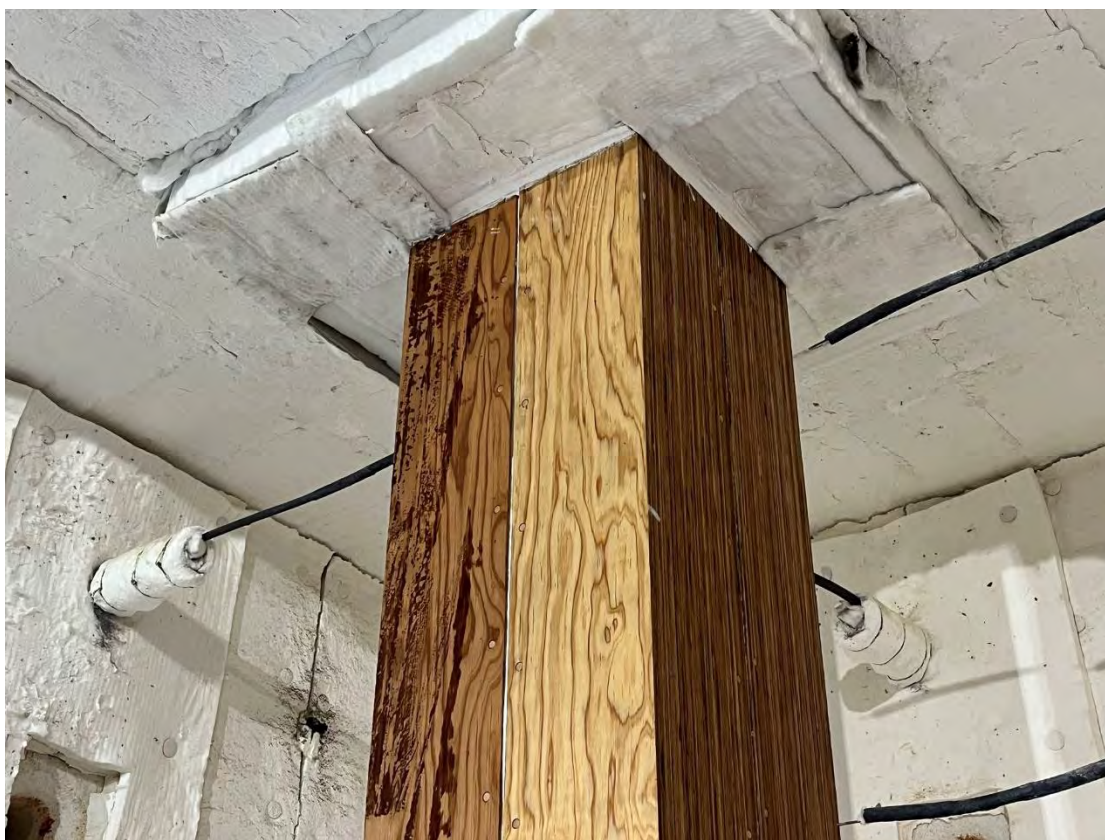


写真 4-4 試験体 (加熱前)



写真 4-5 10 分



写真 4-6 10 分



写真 4-7 30 分



写真 4-8 30 分



写真 4-7 119 分

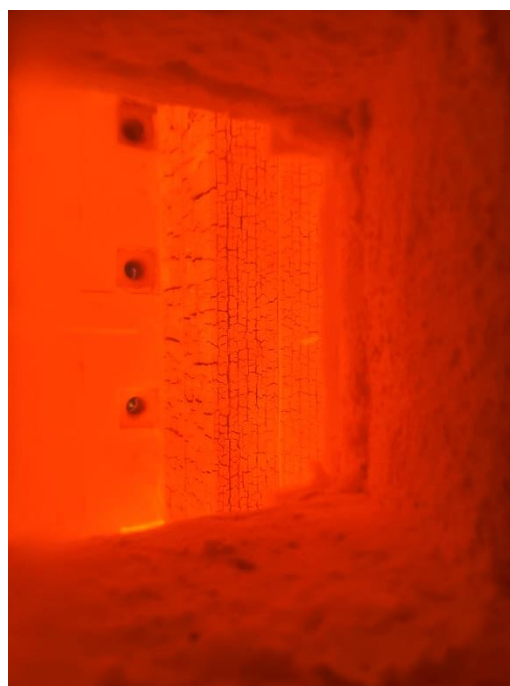


写真 4-8 119 分

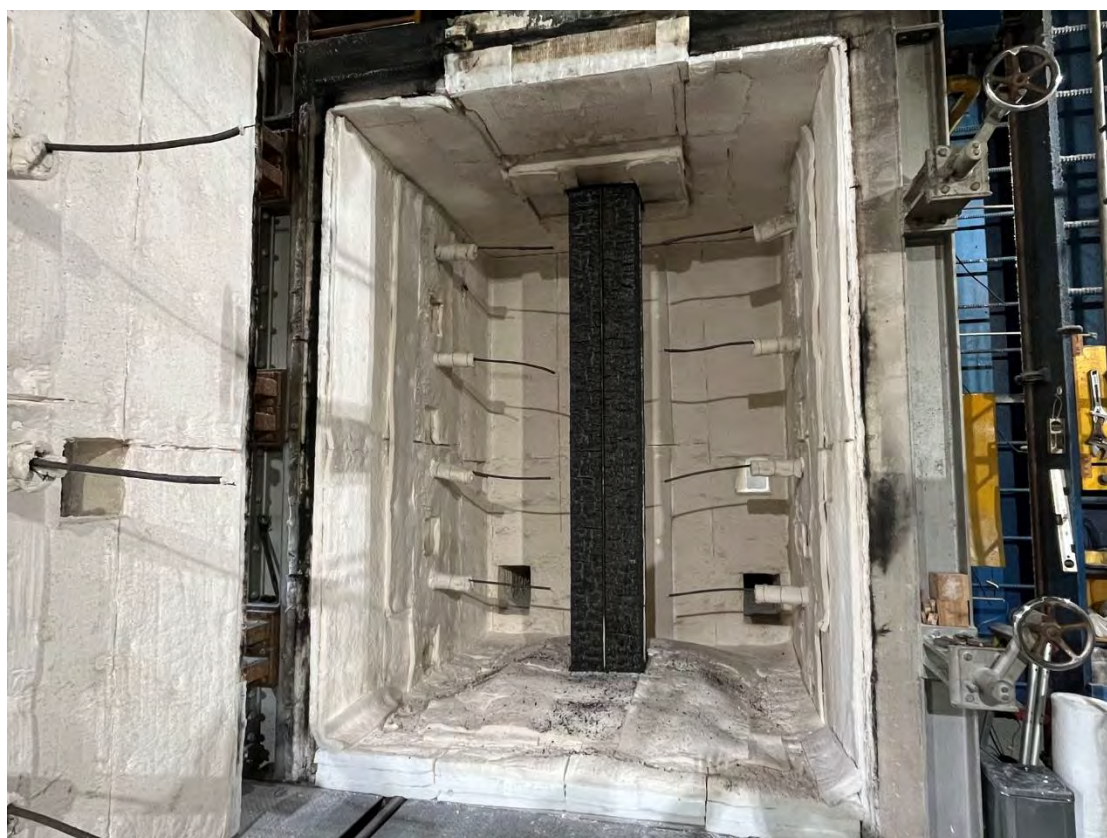


写真 4-9 脱炉後



写真 4-15 脱炉後 (東側)



写真 4-16 脱炉後 (南側)



写真 4-17 脱炉後 (西側)



写真 4-18 脱炉後 (北)



写真 4-19 積層面（北側）



写真 4-20 板目面（西側）

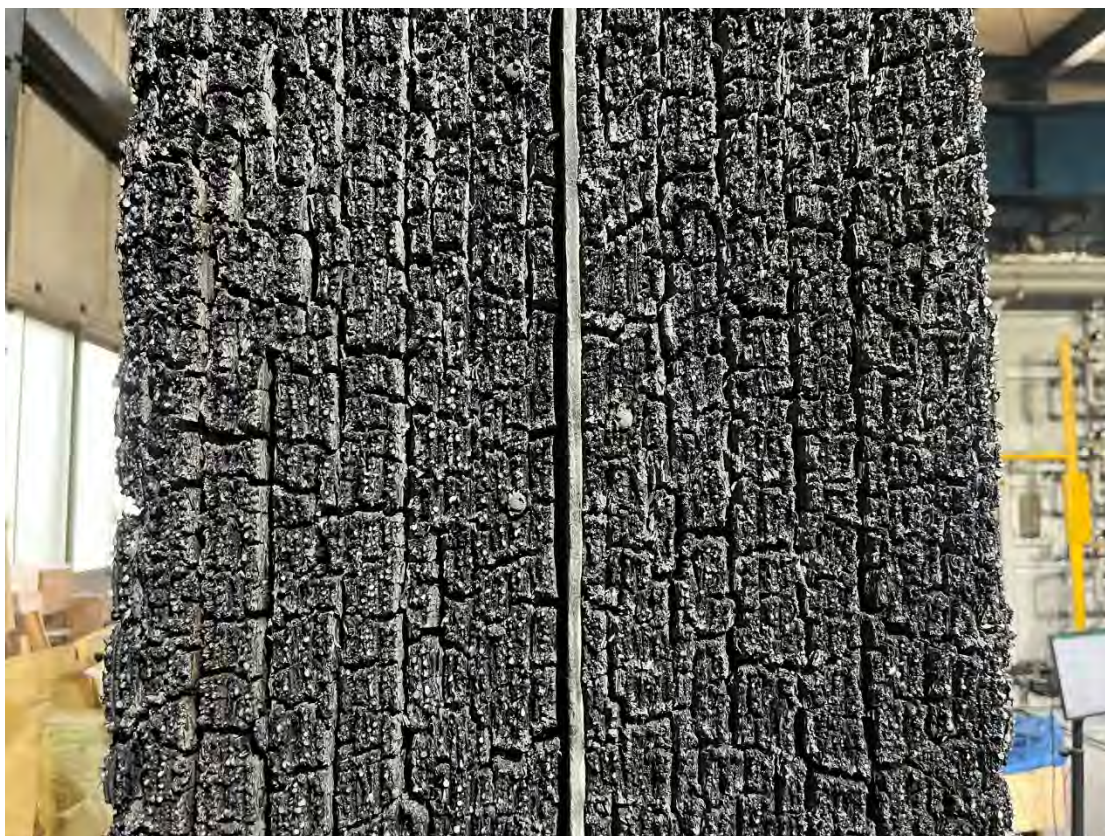


写真 4-21 積層面（南面）



写真 4-22 板目面（東側）



写真 4-23 断面カット



写真 4-24 断面（下部）



写真 4-25 断面（中部）



写真 4-26 断面（上部）

(2) 考察

試験後の試験体の断面を3カ所カットしたところ、3カ所とも荷重支持部材の炭化は無く、2体目も合格の判断となった。

隅部の最大温度は、上部の No.3 で 630 分に 133℃と、木材の炭化温度には十分余裕のある温度でピークに達していた。

4. 5 まとめ

90 分耐火構造柱（小断面）と 2 時間耐火構造柱（小断面）の被覆仕様を決定し、性能評価試験に合格した。大臣認定番号は 2024 年 7 月以降に取得予定である。

5. まとめと今後の課題

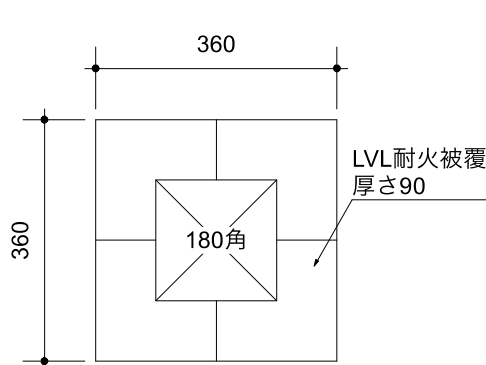
一連の検討では、LVL に難燃処理薬剤を加圧注入した材料を耐火被覆として、1 時間を超える耐火性能を有する柱や梁を検討している。

今年度は、90 分耐火構造・120 分耐火構造の柱に注力して、小断面(180mm 角)から大断面 (450×1260mm) の形状について、実験的検討と性能評価試験を実施した。

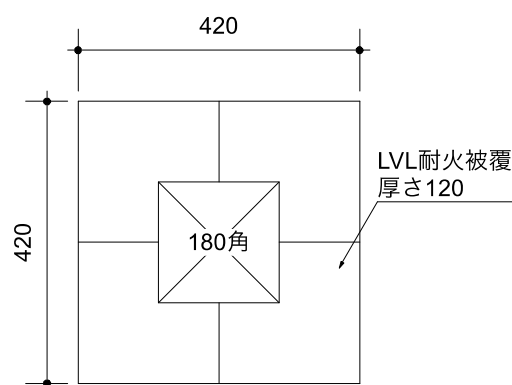
1 時間を超える加熱においては、部材の隅角部の耐火被覆の隙間や開きをどのように抑制するかが重要となる。本検討では、出隅用の L 型の役物の耐火被覆を提案・試作し、予備実験を経て性能評価試験にのぞみ、所定の性能を得た。

性能評価試験では、柱の最小断面の仕様について、90 分耐火構造、120 分耐火構造の試験に合格した。大断面については、柱炉における試験方法が、性能評価機関等で検討されており、その動向を見ながら、今後、取り組んでいきたい。

90 分耐火構造、120 分耐火構造の性能を確保した標準的な納まりは下記の通りである。中央の 180 角の柱が荷重支持部であり、LVL 耐火被覆厚さ 90mm で 90 分、120mm で 120 分の耐火性能を確保する。90 分耐火構造は、耐火建築物の最上階から数えて 5～9 層に、120 分耐火構造は、10～14 層に使用可能である。



[90 分耐火構造]



[120 分耐火耐火構造]

別添資料

- ・ 5 月 90 分大断面柱 柱炉 報告書
- ・ 7 月 90 分 特大断面・小断面柱 水平炉炉 報告書

試験番号：Ⅲ A - 2 3 - 0 0 1 3

受付日：2023年 5月 10日

報告日：2024年 1月 23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

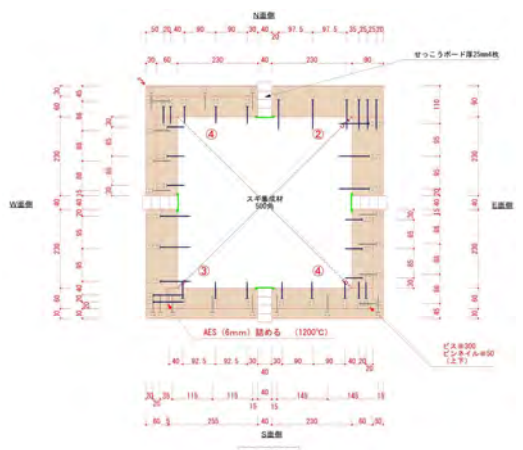
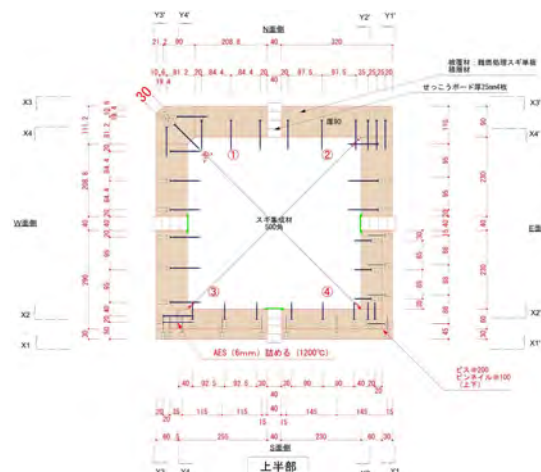
センター長

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		
試験体	構 造 名	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	1.5時間
	材 令	試験体製作日：2023年 5月 16日		
	比 重	スギ集成材(荷重支持部材)	： 0.41 (気乾), 0.37 (105℃・12日間乾燥)	
		難燃処理スギ単板積層材(被覆材、90mm)	： 0.68 (気乾), 0.60 (105℃・12日間乾燥)	
		難燃処理スギ単板積層材(被覆材、60mm)	： 0.66 (気乾), 0.59 (105℃・12日間乾燥)	
		難燃処理スギ単板積層材(被覆材、30mm)	： 0.64 (気乾), 0.57 (105℃・12日間乾燥)	
	含 水 率 (%)	スギ集成材(荷重支持部材)	： 12.53 (105℃・12日間乾燥)	
		難燃処理スギ単板積層材(被覆材、90mm)	： 12.06 (105℃・12日間乾燥)	
難燃処理スギ単板積層材(被覆材、60mm)		： 12.32 (105℃・12日間乾燥)		
難燃処理スギ単板積層材(被覆材、30mm)		： 13.13 (105℃・12日間乾燥)		
備 考	－			
試験体の材料および構成 (水平断面図, 単位:mm)		詳細を図-1～9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-3～5に示す。		
	試 験 荷 重			
試験方法	軸 方 向 収 縮 量			
	測 定 位 置			

試 験 結 果	試 験 体 記 号	A	
		上半部	下半部
	試 験 年 月 日	2023年 5月 25日～ 26日	
	試 験 体 の 大 き さ (mm)	W 680 × L 680 × H ₁ 1450	W 680 × L 680 × H ₂ 1450
	加 熱 面	4面	
	試 験 時 間	1350 分 ^{*1}	
	加 熱 時 間	90 分	
	加 熱 温 度 測 定 曲 線	図-10 に示す。	
	内 部 温 度 測 定 曲 線	図-11～18 に示す。	
	そ の 他	仕様①、②：荷重支持部材が炭化していないことを確認した。 (写真-17～20参照) 仕様③、④：荷重支持部材が炭化していることを確認した。 (写真-17～20参照)	
備 考	・ *1：依頼者と協議の上、試験を終了した時間を示す。 ・ 試験状況を写真-1～20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

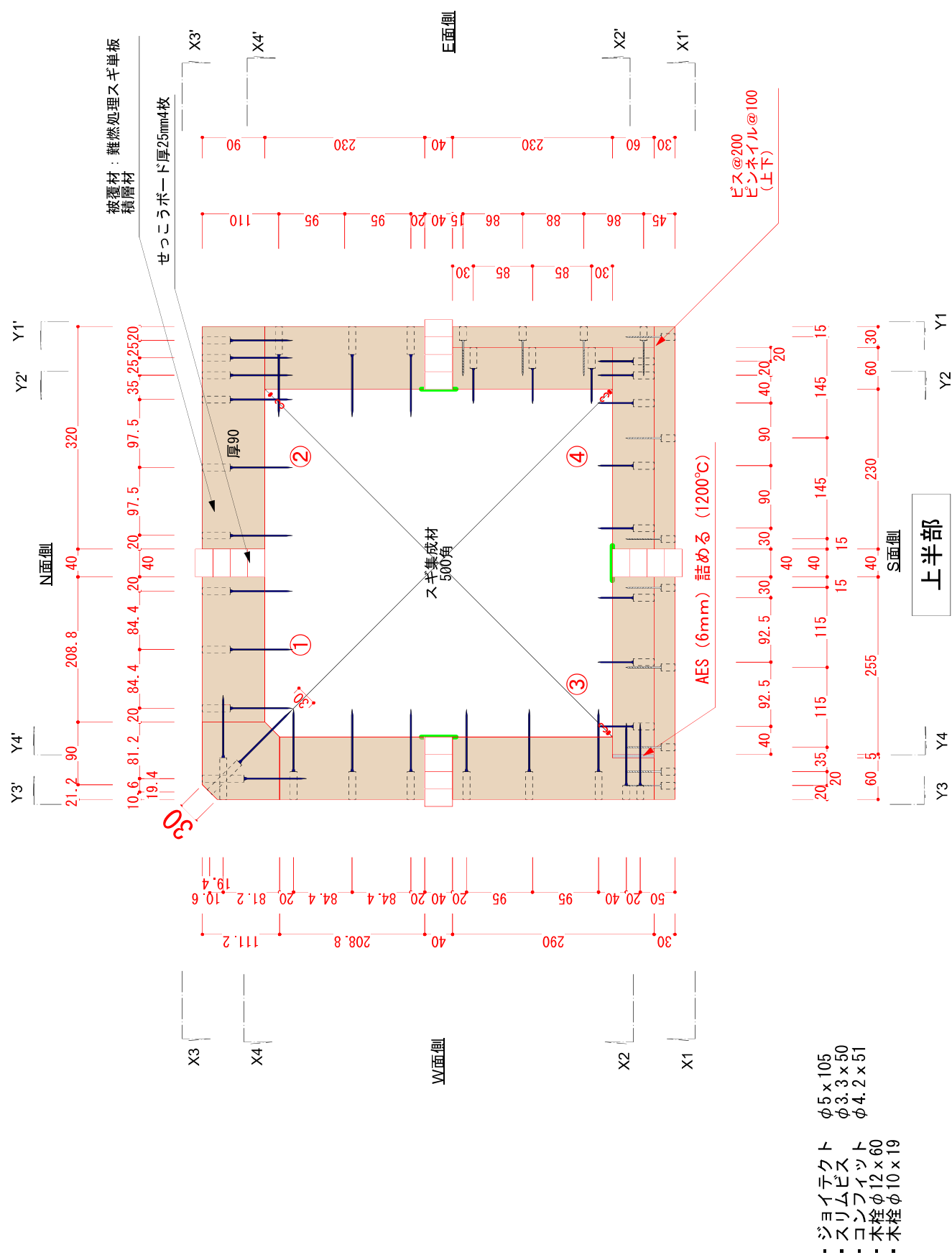


図-1 試験体の構造・寸法 (寸法単位: mm)

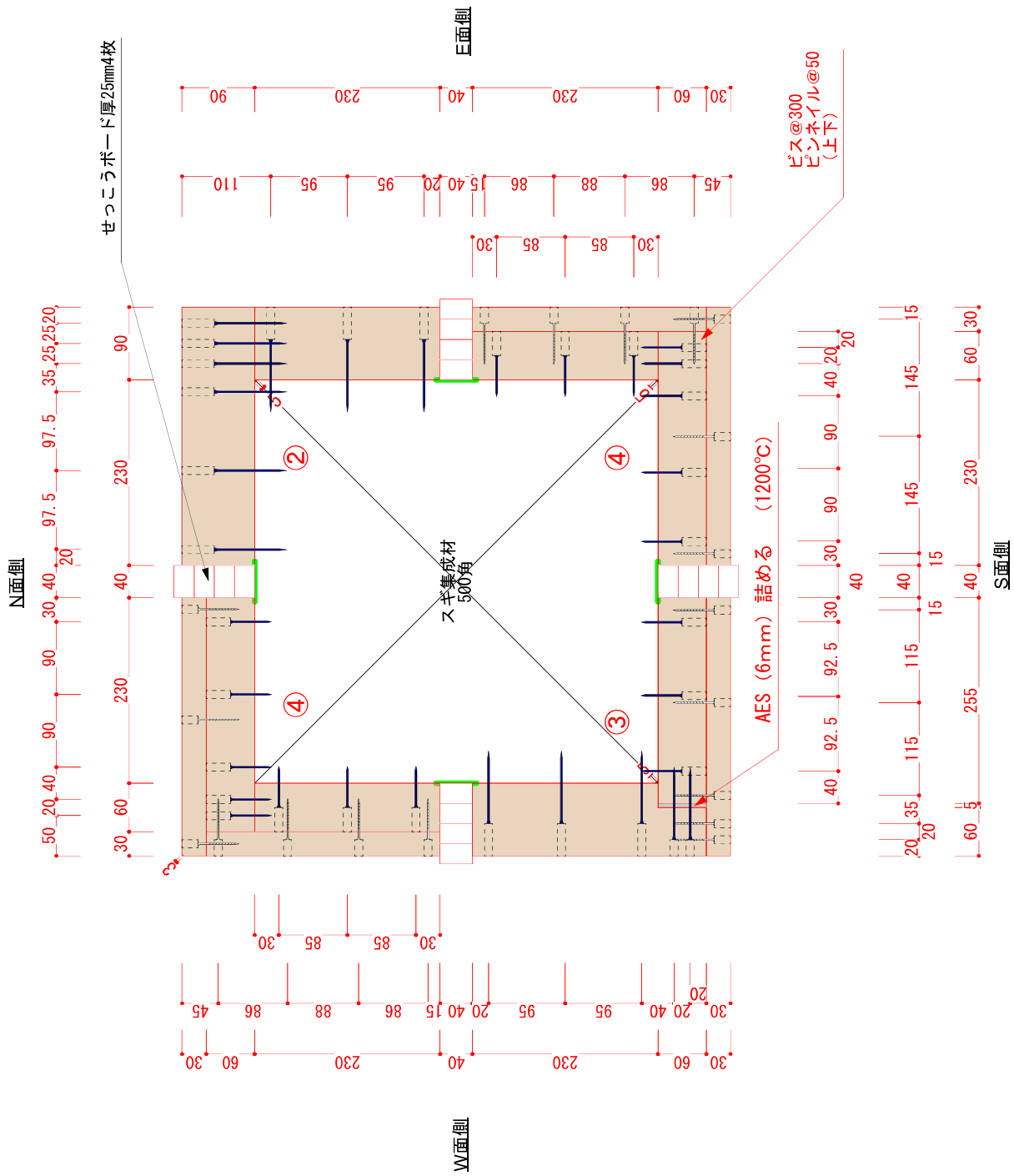
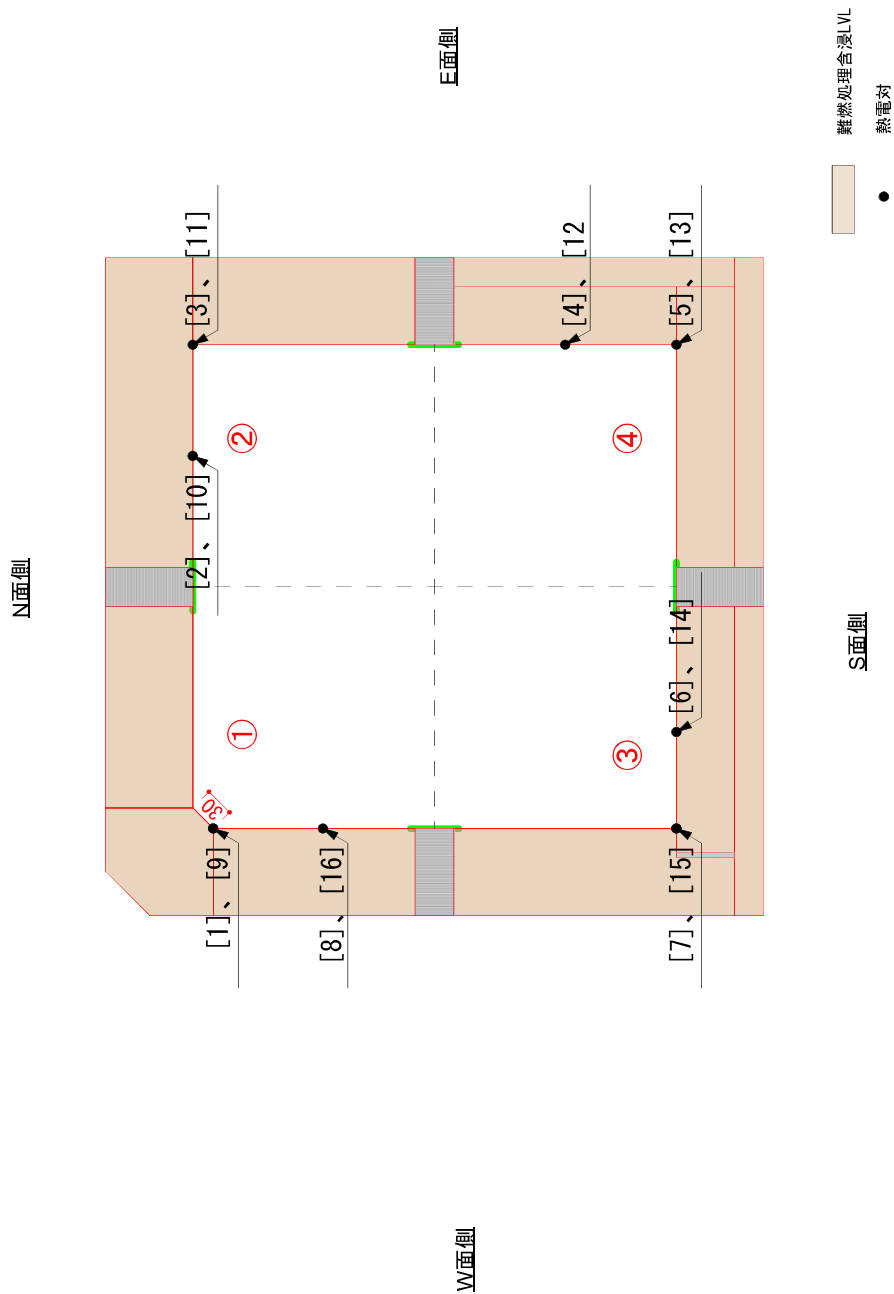


図-2 試験体の構造・寸法 (寸法単位: mm)



熱電対の断面図(上)

図-3 試験体の構造・寸法・温度測定位置 (寸法単位 : mm)

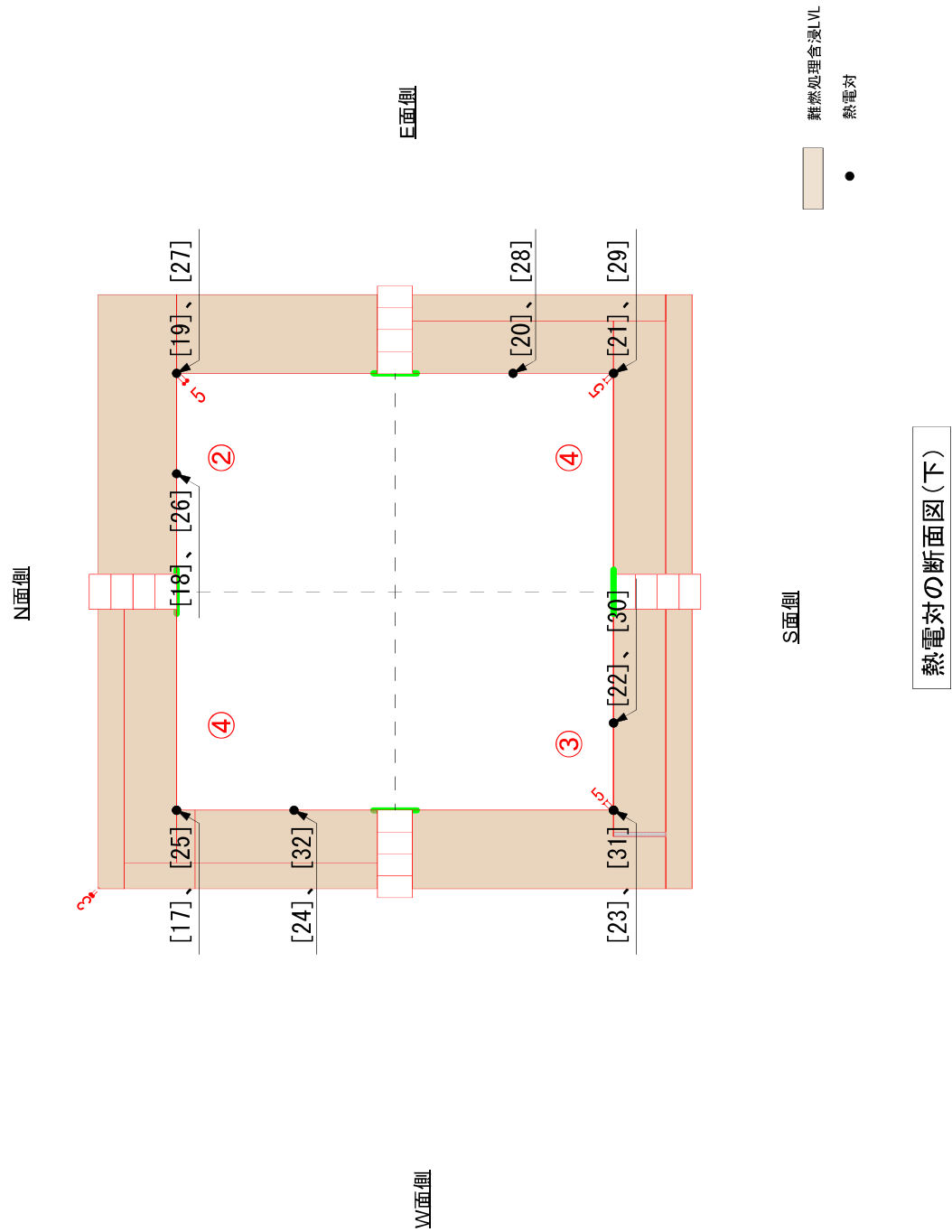


図-4 試験体の構造・寸法・温度測定位置（寸法単位：mm）

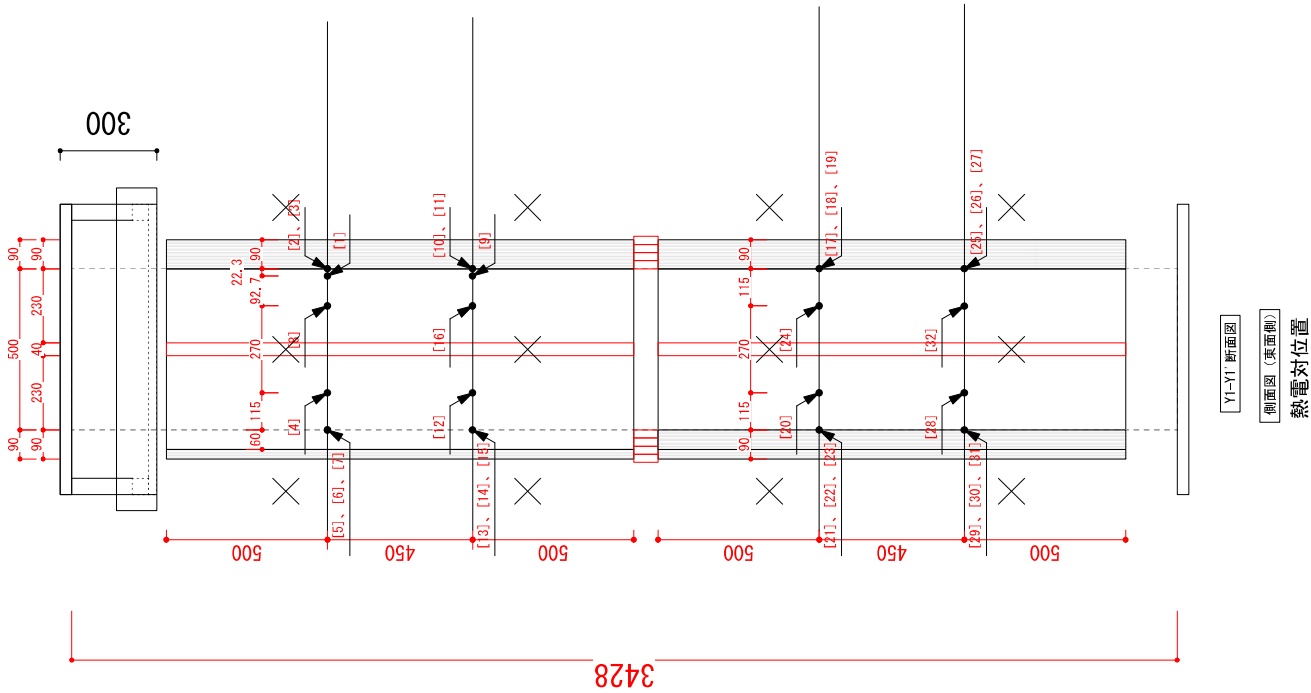


図-5 試験体の構造・寸法・温度測定位置 (寸法単位: mm)

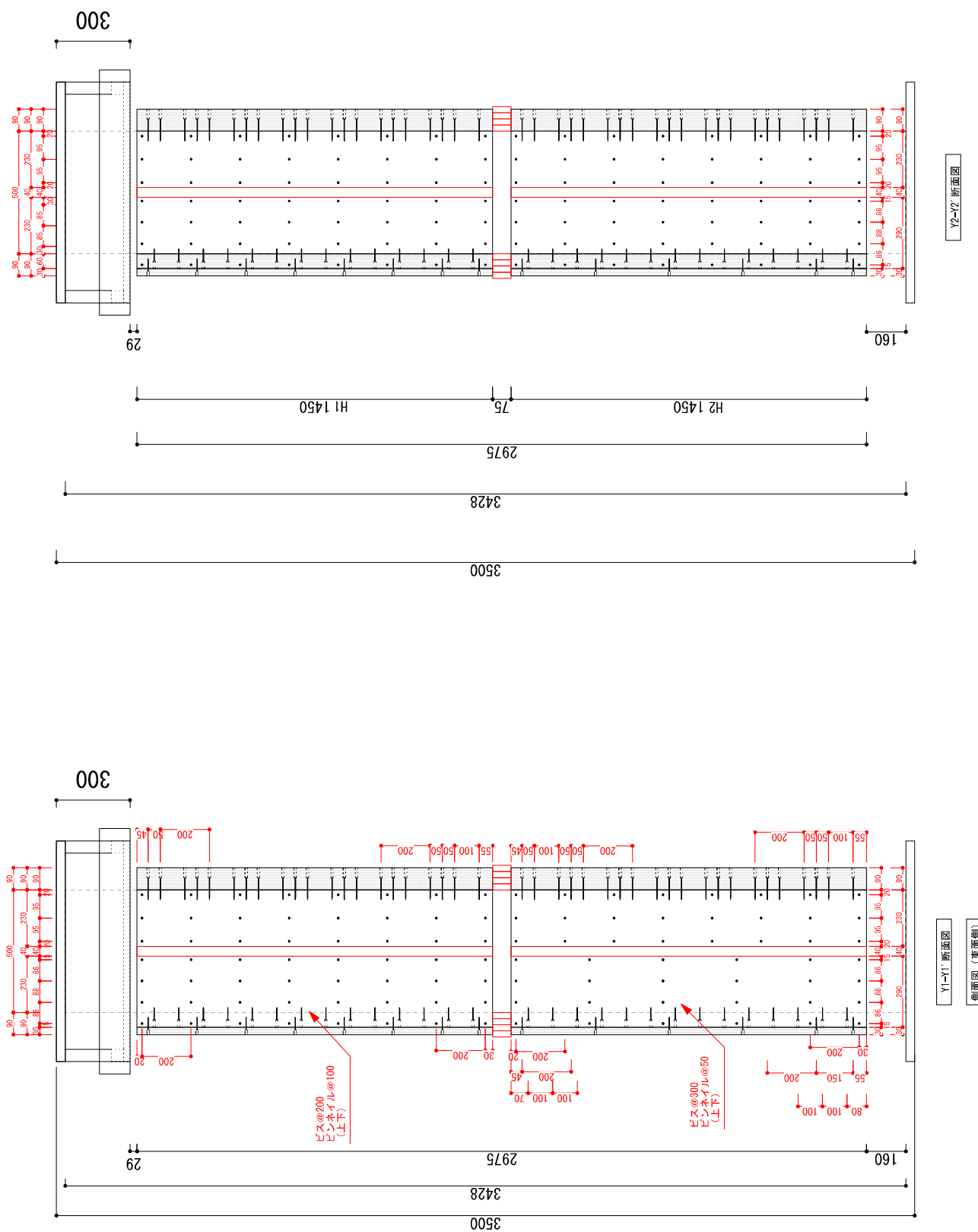
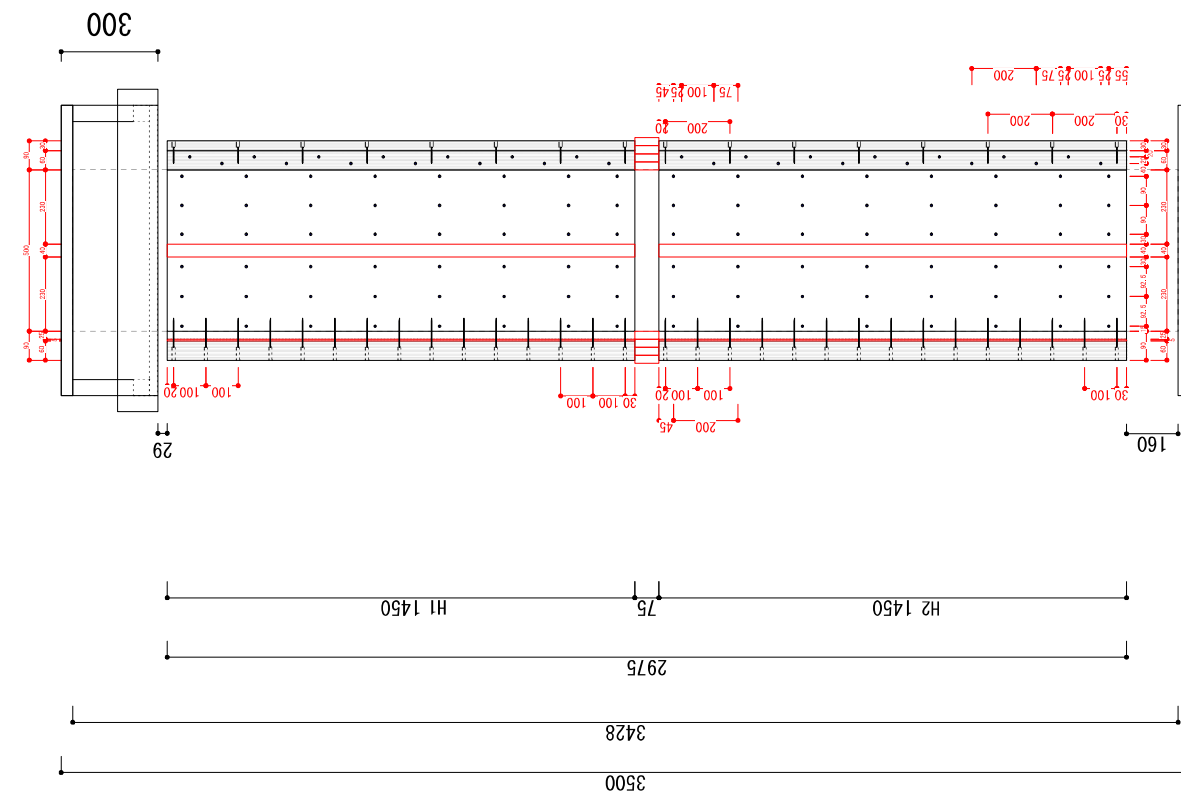


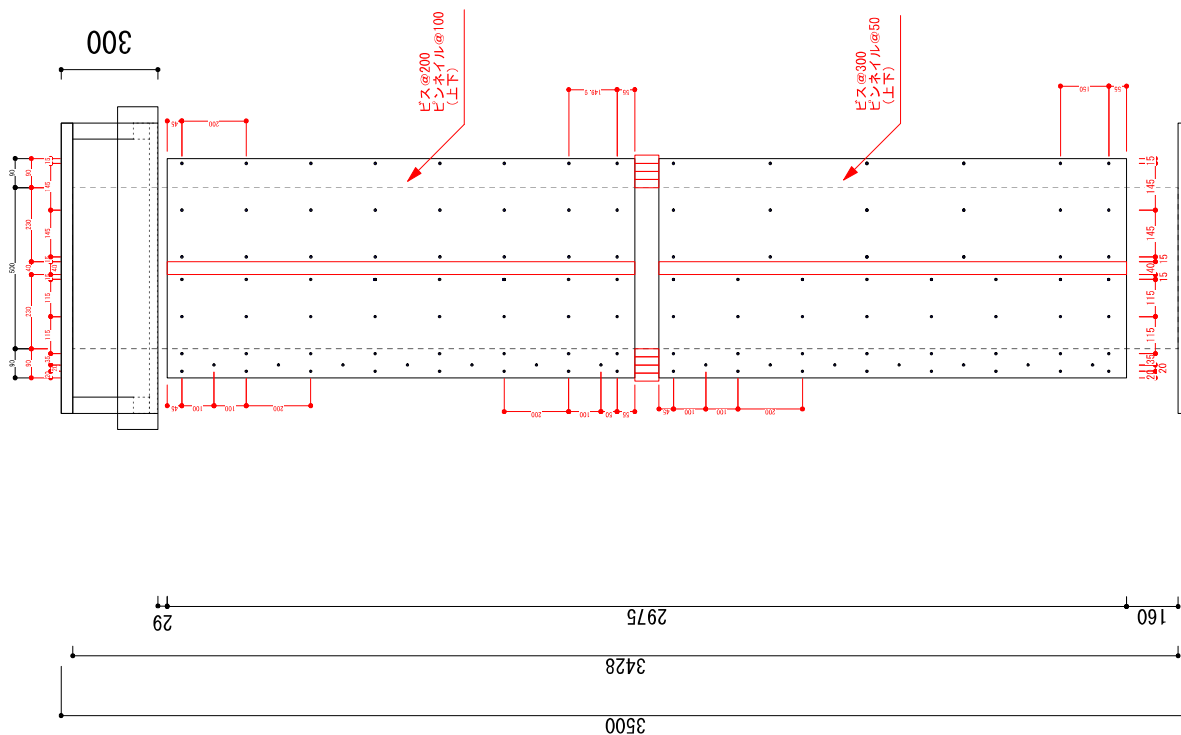
図-6 試験体の構造・寸法 (寸法単位: mm)

側面図 (南面側)



X2-X2' 断面図

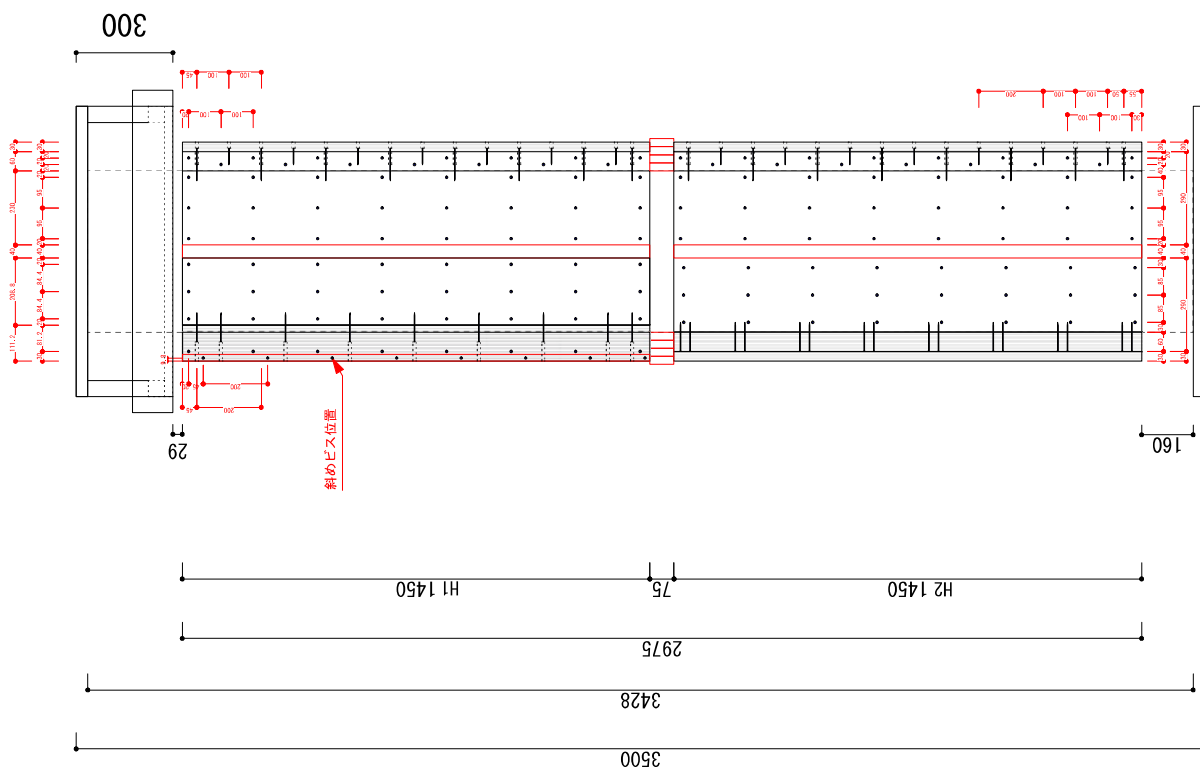
図-7 試験体の構造・寸法 (寸法単位: mm)



X1-X1' 断面図

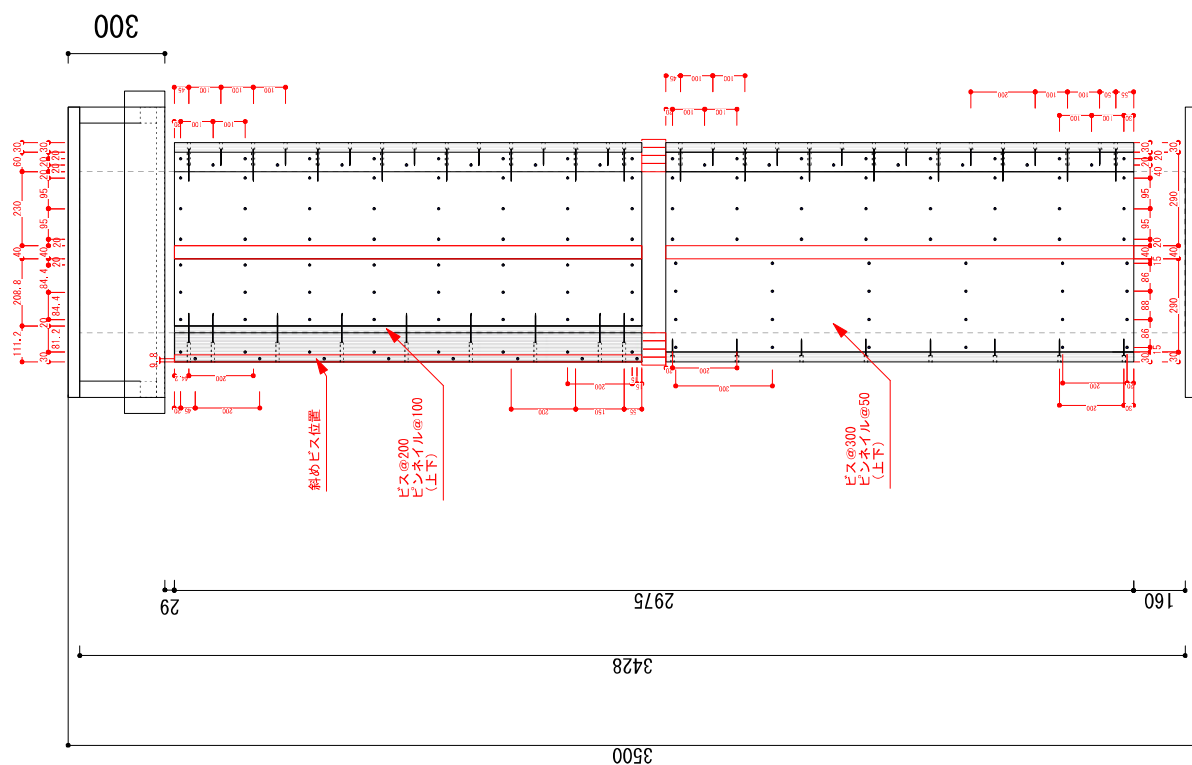
側面図 (南面側)

側面図 (西面側)



Y4-Y4 断面図

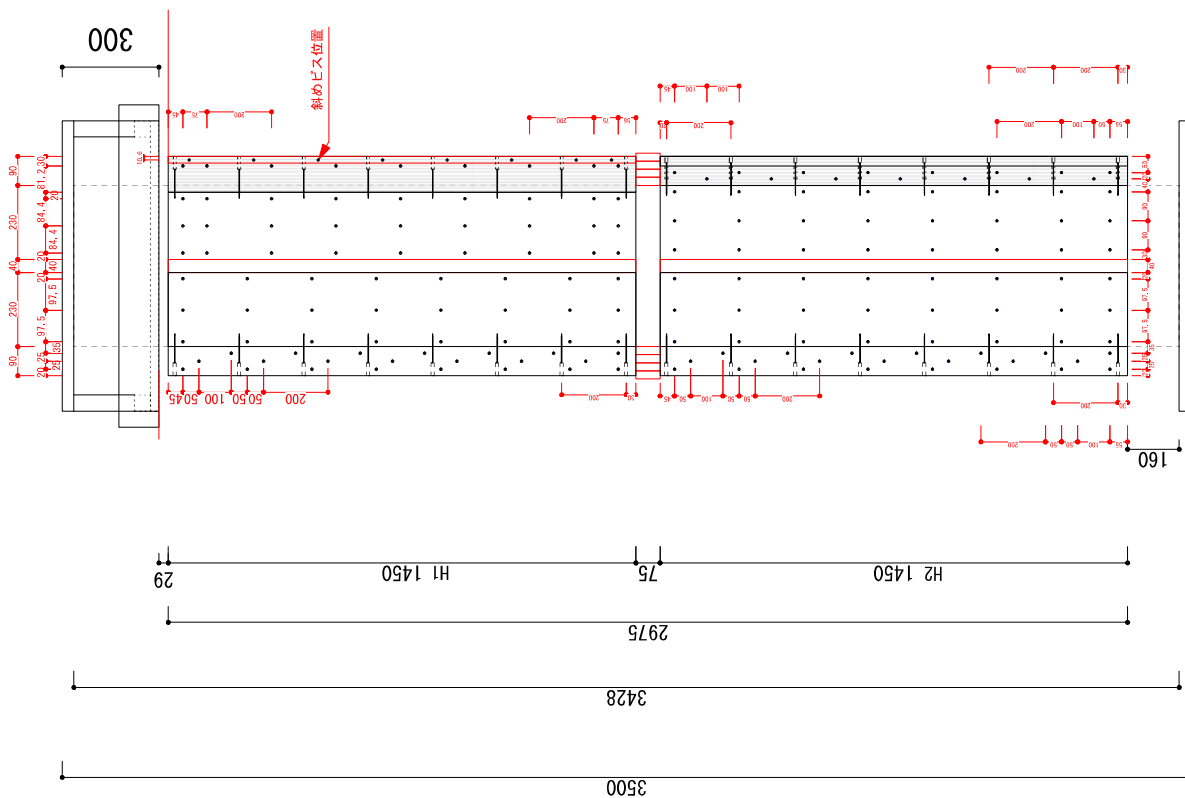
図-8 試験体の構造・寸法 (寸法単位: mm)



Y3-Y3 断面図

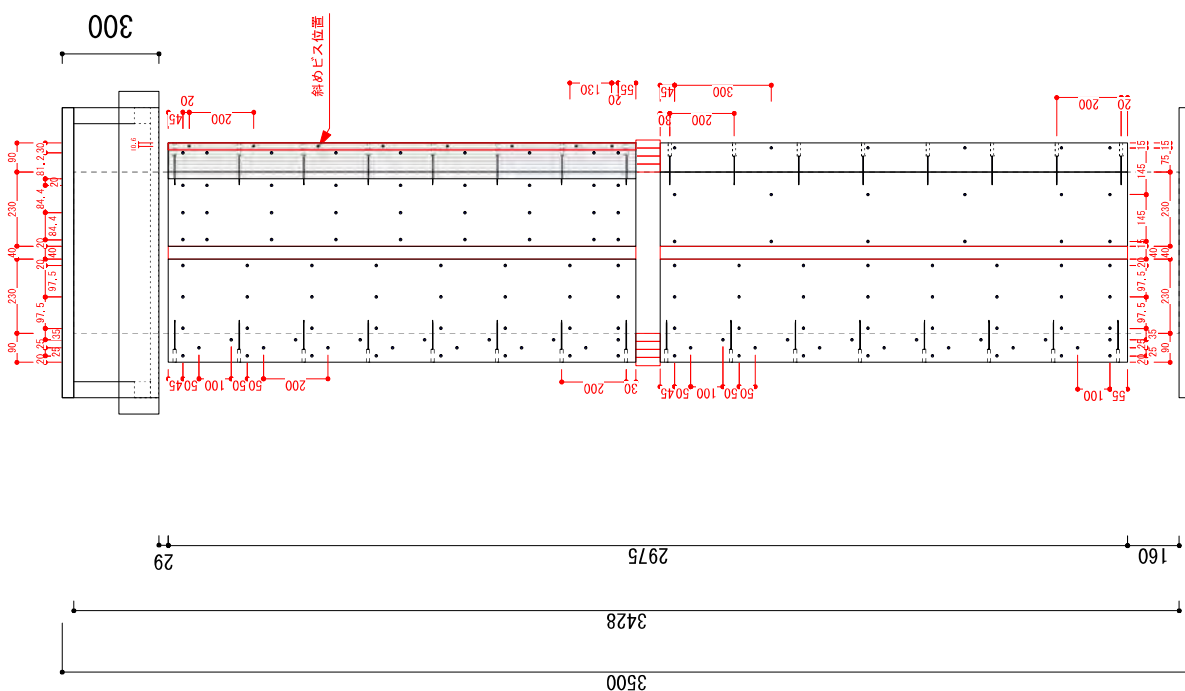
側面図 (西面側)

側面図（北面側）



X4-X4 断面図

図-9 試験体の構造・寸法（寸法単位：mm）



X3-X3 断面図

側面図（北面側）

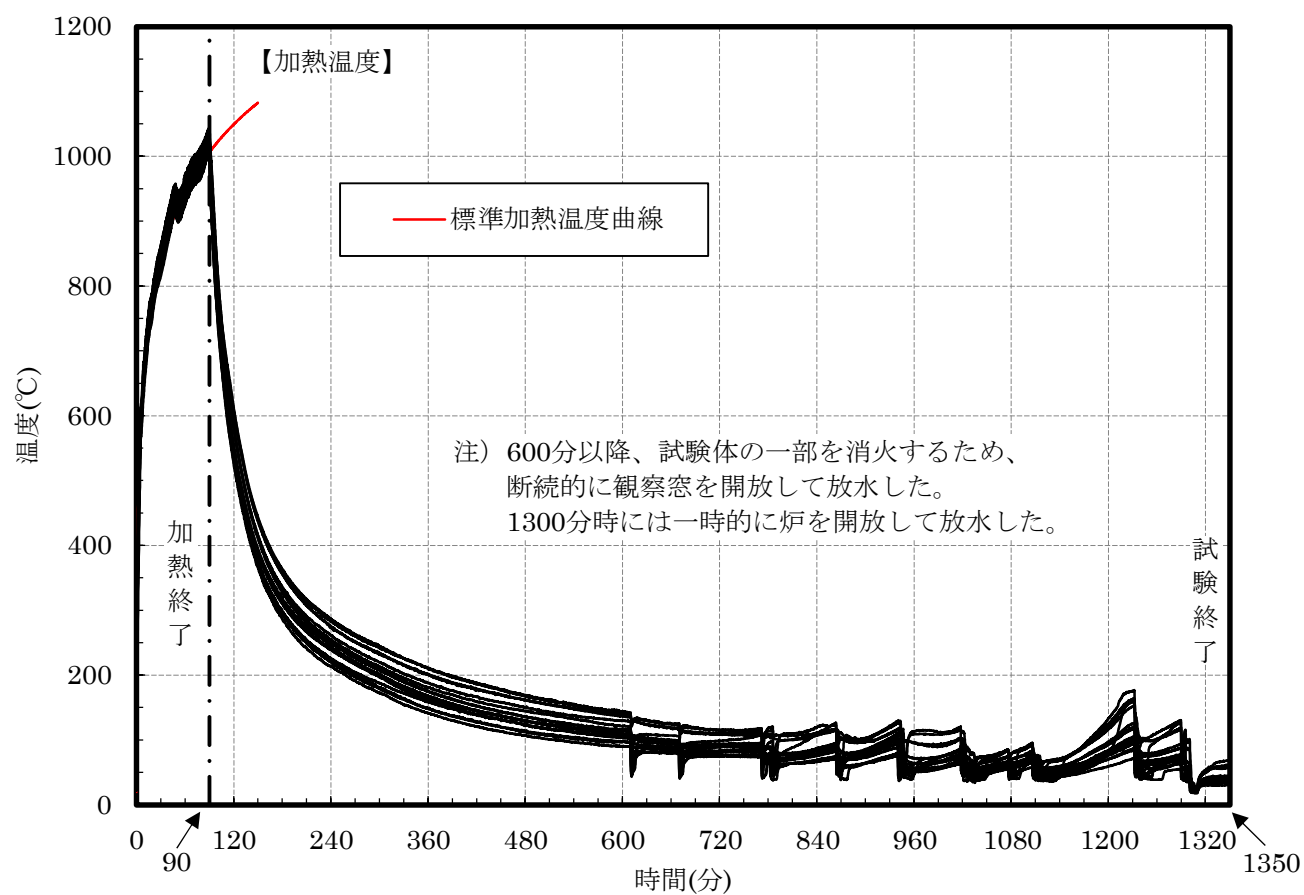


図-10 加熱温度測定曲線 (試験体A)

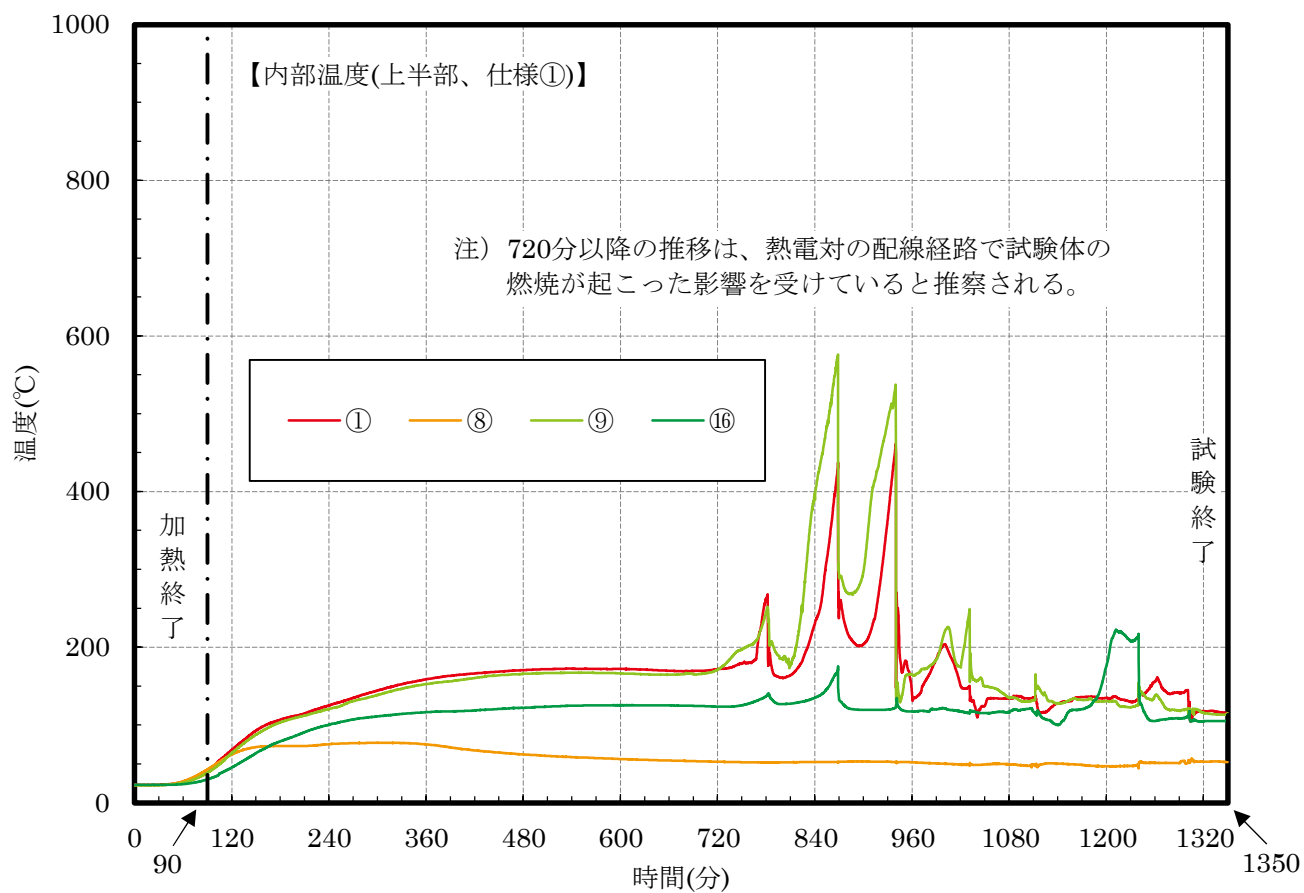


図-11 内部温度測定曲線 (試験体A)

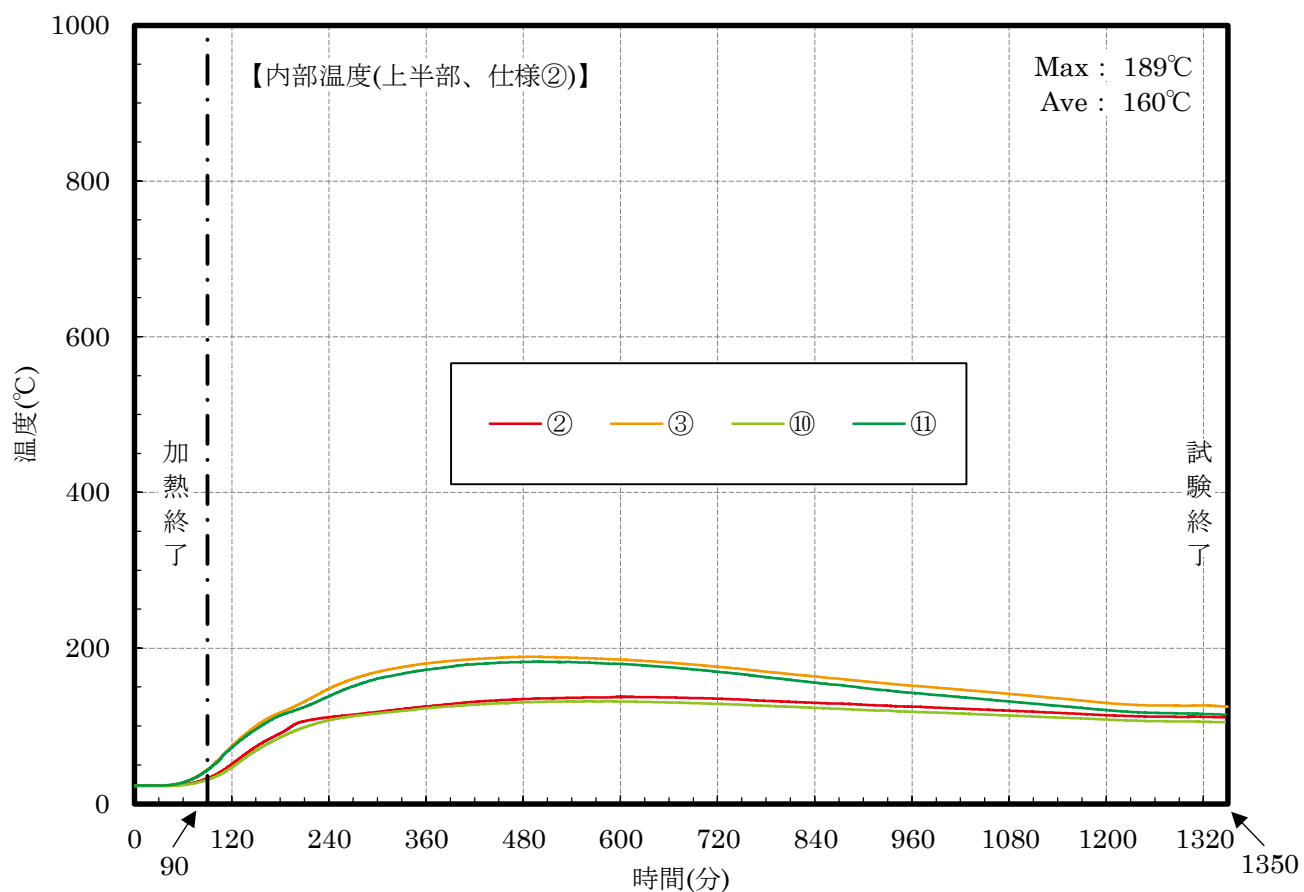


図-12 内部温度測定曲線 (試験体A)

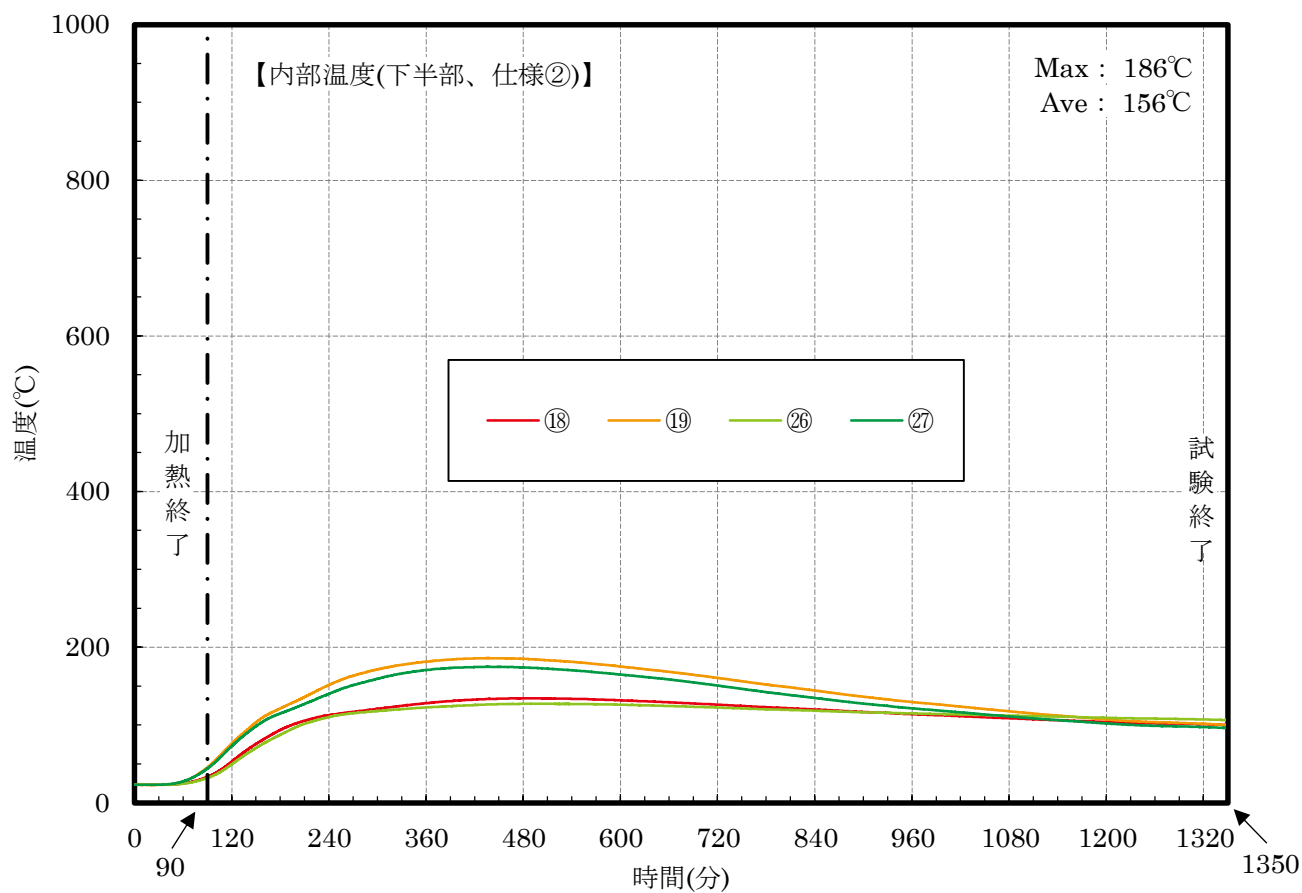


図-13 内部温度測定曲線 (試験体A)

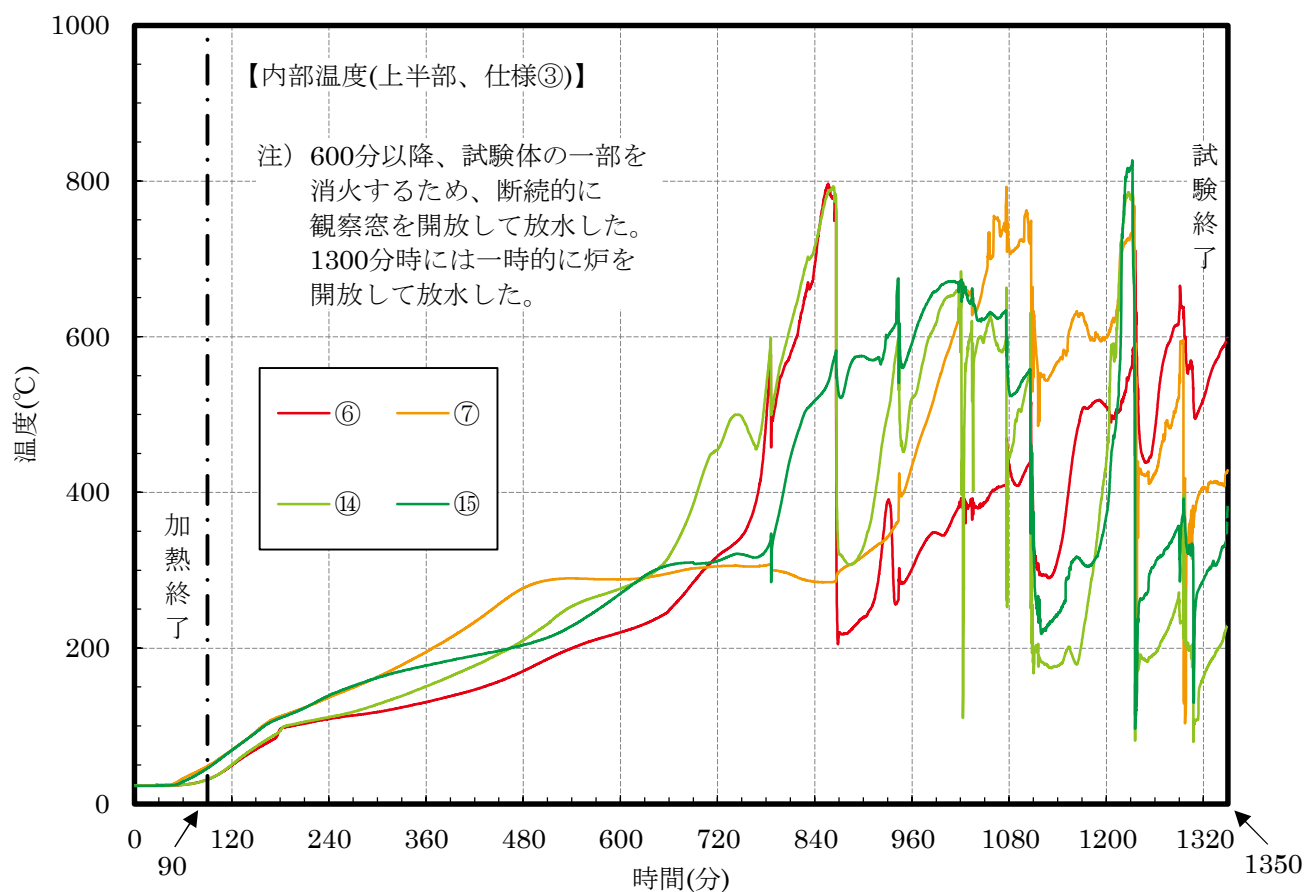


図-14 内部温度測定曲線 (試験体A)

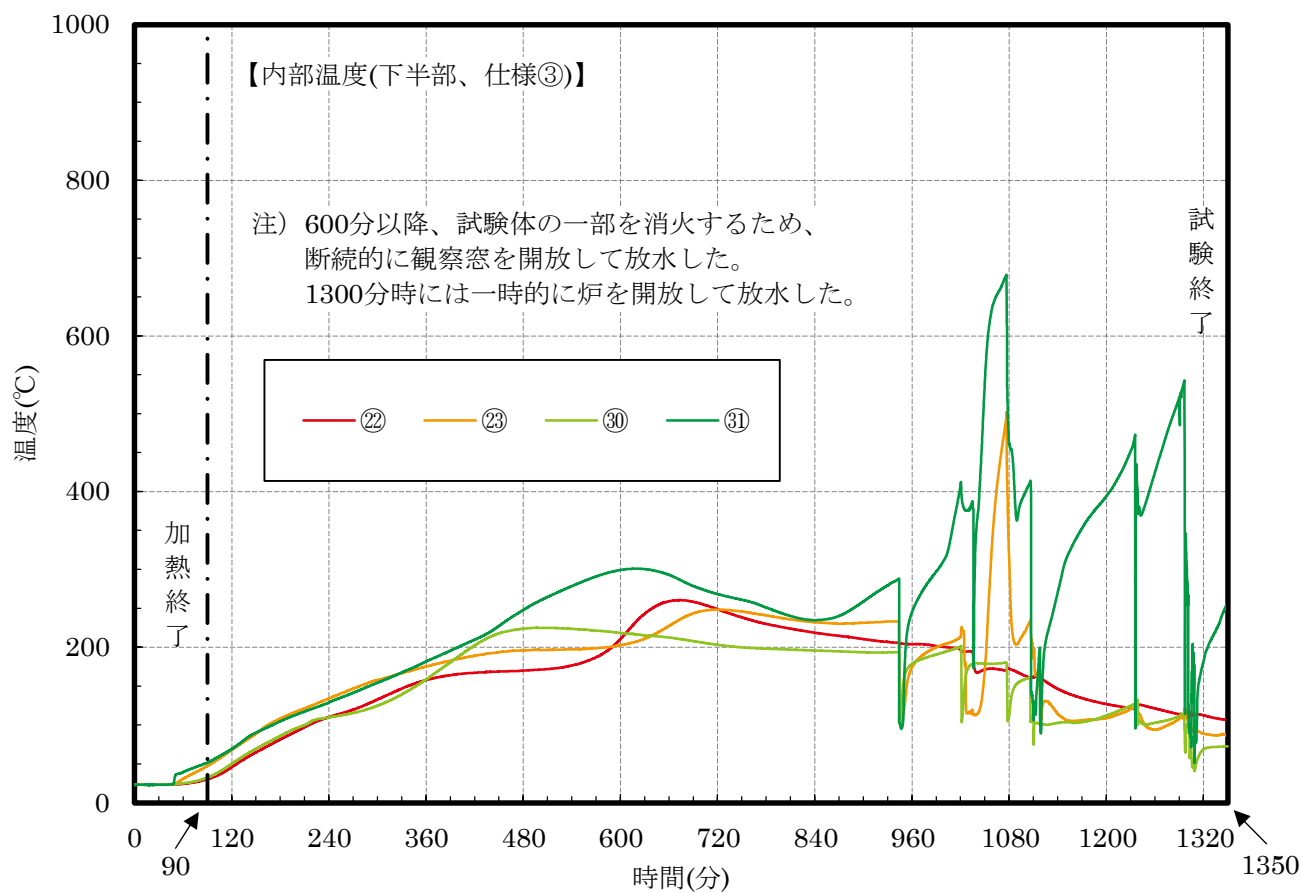


図-15 内部温度測定曲線 (試験体A)

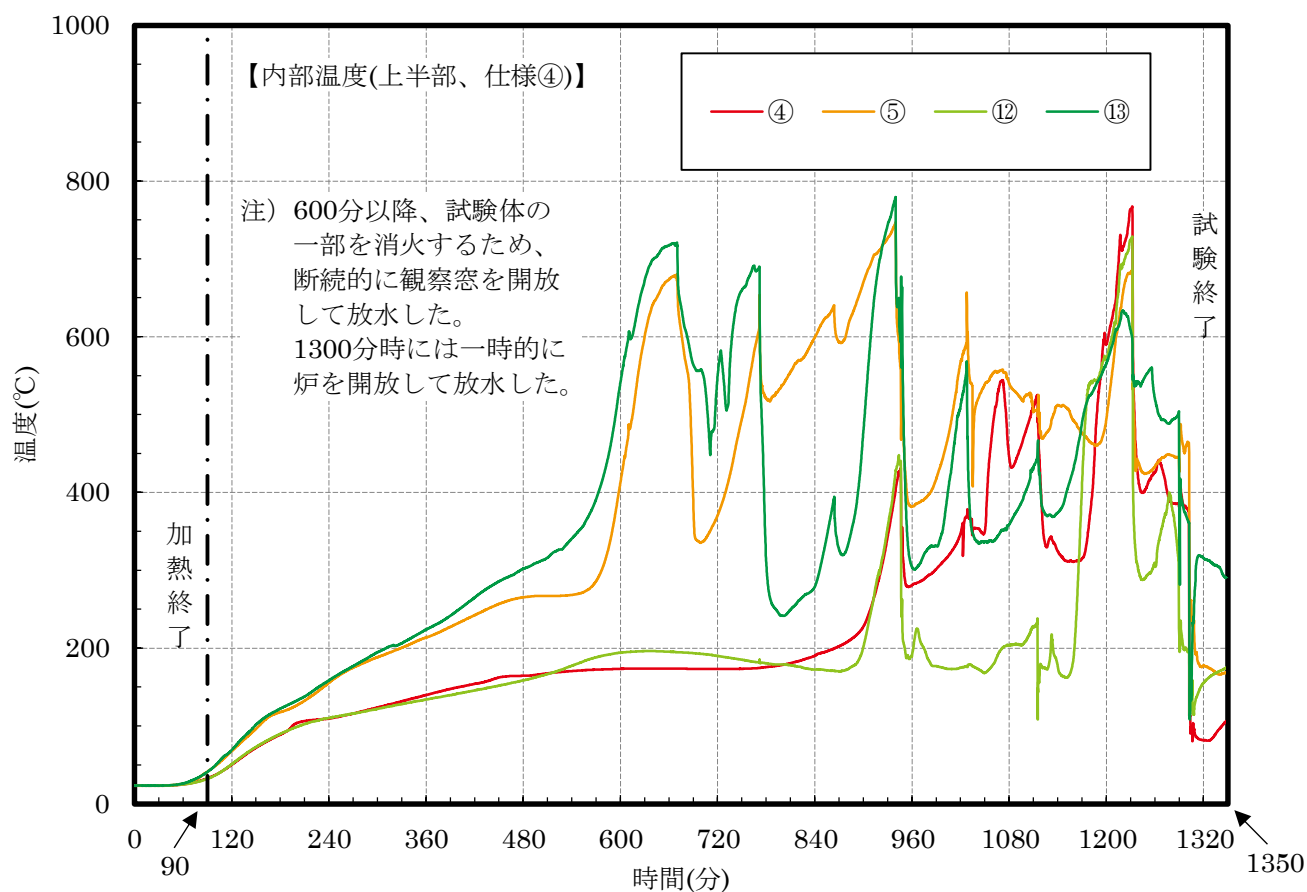


図-16 内部温度測定曲線 (試験体A)

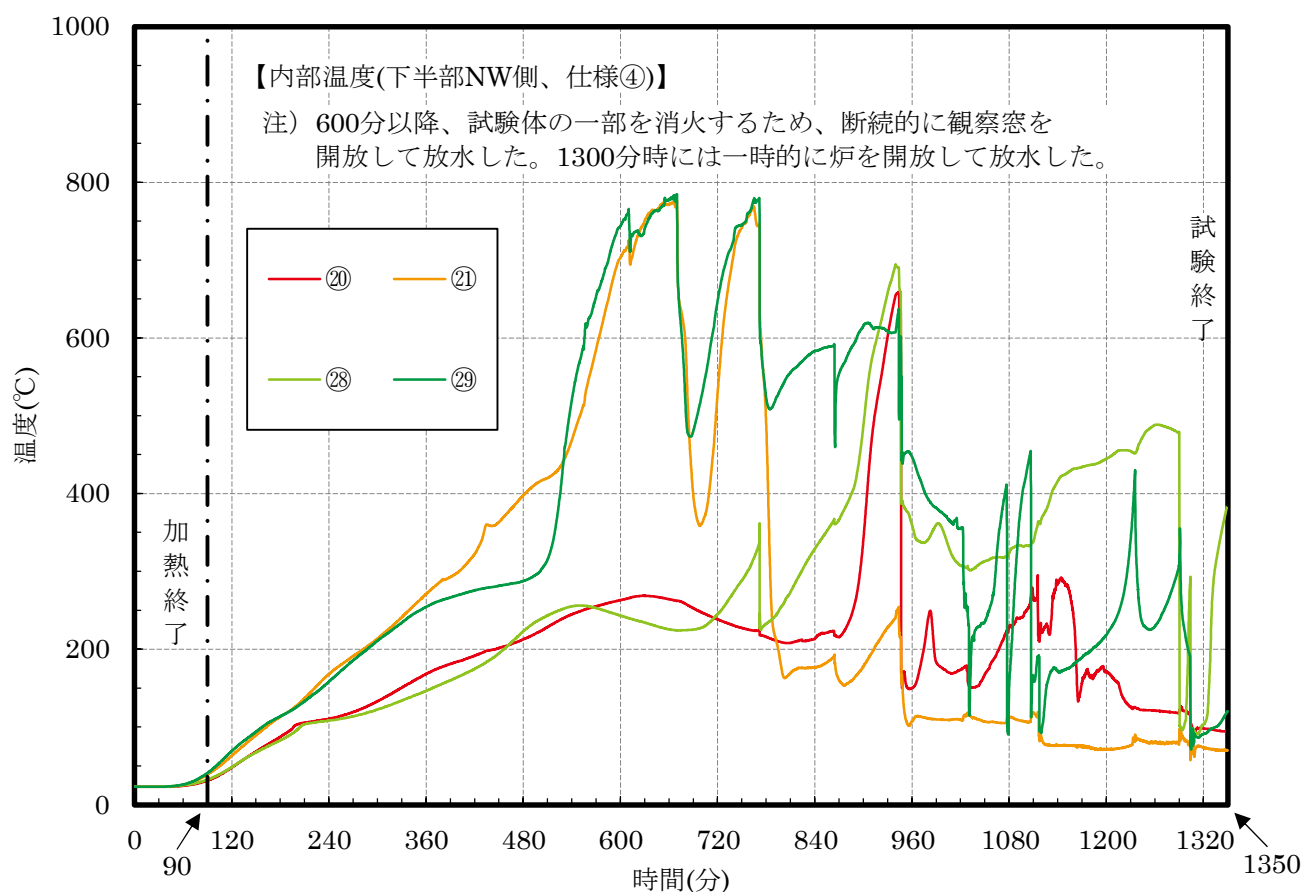


図-17 内部温度測定曲線 (試験体A)

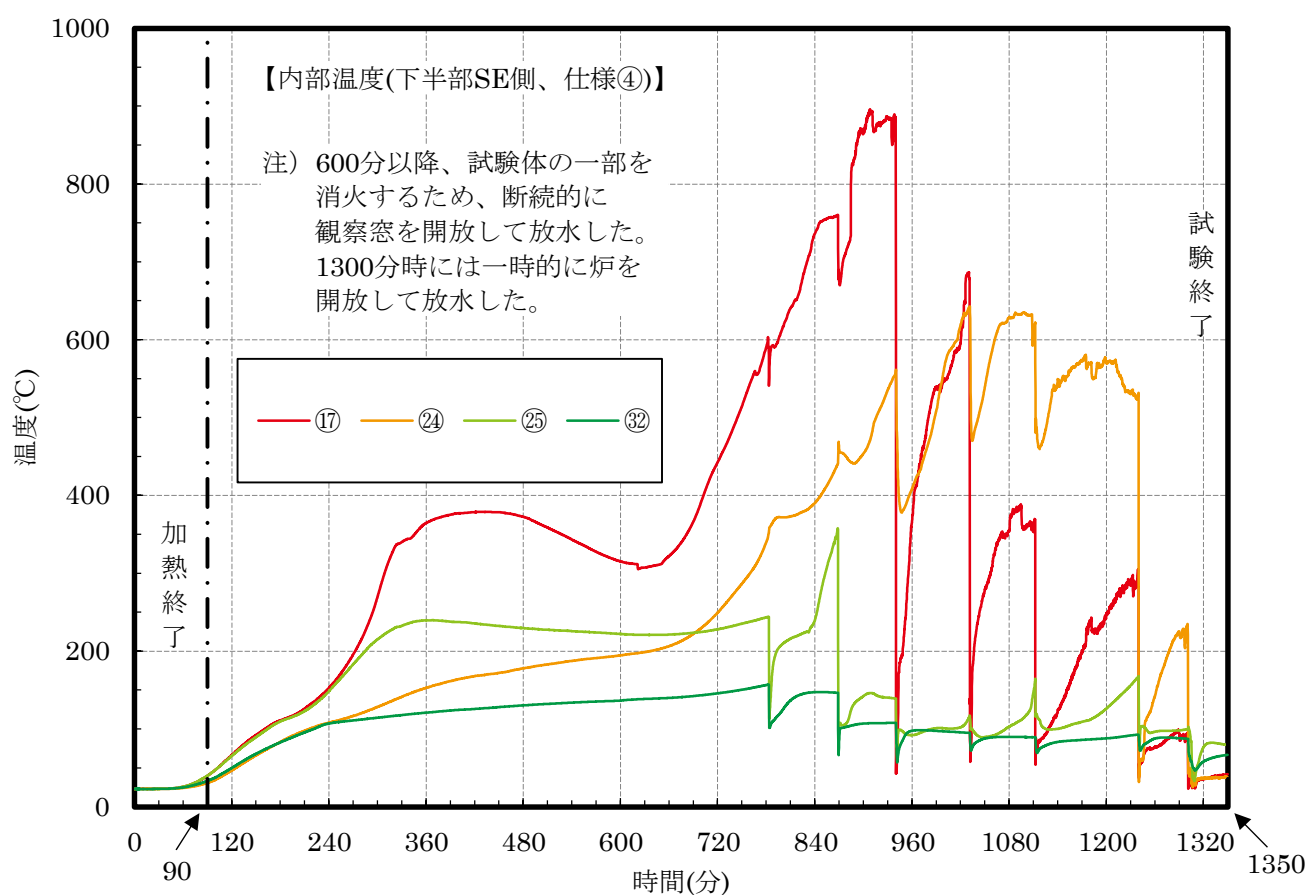


図-18 内部温度測定曲線 (試験体A)



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 上半部SE面側
(加熱後)



写真-10 試験体A 上半部SW面側
(加熱後)



写真-11 試験体A 上半部NW面側
(加熱後)



写真-12 試験体A 上半部NE面側
(加熱後)



写真-13 試験体A 下半部SE面側
(加熱後)



写真-14 試験体A 下半部SW面側
(加熱後)



写真-15 試験体A 下半部NW面側
(加熱後)



写真-16 試験体A 下半部NE面側
(加熱後)



写真-17 試験体A 上半部上部断面
(下から2675mm)
(解体後)



写真-18 試験体A 上半部下部断面
(下から2225mm)
(解体後)



写真-19 試験体A 下半部上部断面
(下から1150mm)
(解体後)



写真-20 試験体A 下半部下部断面
(下から700mm)
(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なして下さい。

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 : Ⅲ A - 2 3 - 0 0 3 1

受 付 日 : 2 0 2 3 年 7 月 3 日

報 告 日 : 2 0 2 3 年 1 0 月 3 1 日

耐 火 性 能 試 験 成 績 書

大阪府池田市豊島南二丁目 2 0 4 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

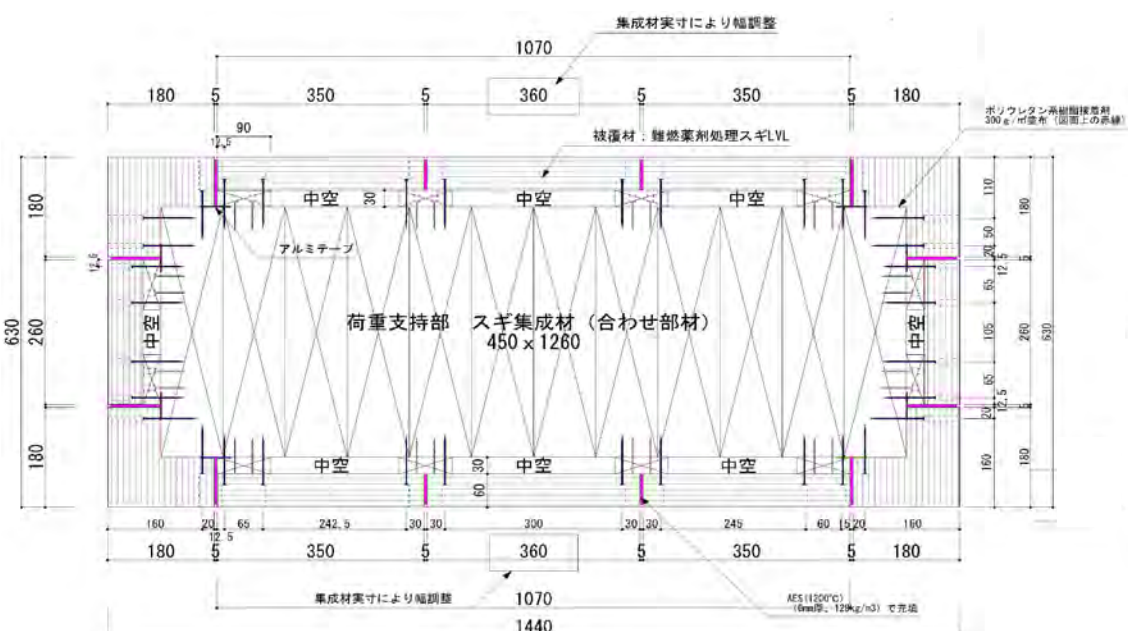
センター長

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

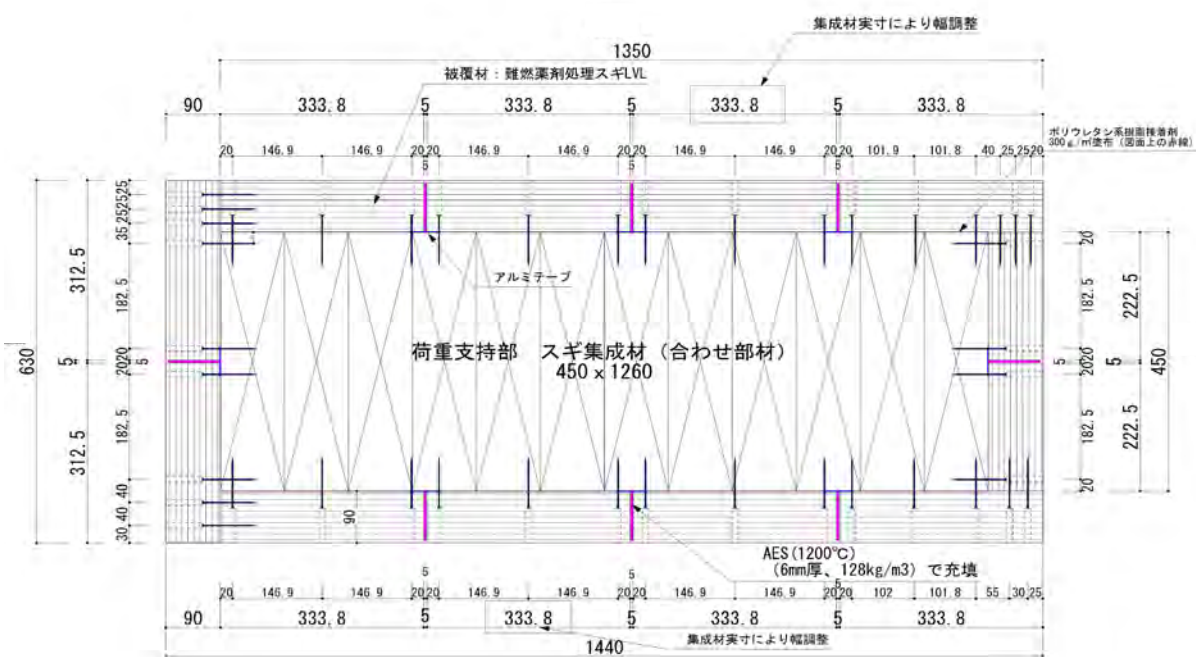
依頼者	社 名	一般社団法人 全国LVL協会		
	所 在 地	東京都江東区新木場1-7-22		
試験体	構 造 名	りん・室素系難燃処理スギ単板積層材(90mm)被覆／スギ集成材柱		
	商 品 名	—		
	建築物の部分	柱	耐火性能	1.5時間
	材 令	試験体製作日：2023年 7月 24日		
	比 重	スギ集成材(荷重支持部材、仕様1,2) : 0.43 (気乾), 0.39 (105℃・21日間乾燥) スギ集成材(荷重支持部材、仕様3,4) : 0.40 (気乾), 0.35 (105℃・21日間乾燥) 難燃処理スギ単板積層材(被覆材、30mm) : 0.65 (気乾), 0.57 (105℃・21日間乾燥) 難燃処理スギ単板積層材(被覆材、60mm) : 0.66 (気乾), 0.58 (105℃・21日間乾燥) 難燃処理スギ単板積層材(被覆材、90mm) : 0.66 (気乾), 0.58 (105℃・21日間乾燥)		
試験体	含 水 率 (%)	スギ集成材(荷重支持部材、仕様1,2) : 11.26 (105℃・21日間乾燥) スギ集成材(荷重支持部材、仕様3,4) : 13.80 (105℃・21日間乾燥) 難燃処理スギ単板積層材(被覆材、30mm) : 14.22 (105℃・21日間乾燥) 難燃処理スギ単板積層材(被覆材、60mm) : 13.84 (105℃・21日間乾燥) 難燃処理スギ単板積層材(被覆材、90mm) : 14.23 (105℃・21日間乾燥)		
	備 考	—		
	試験体の材料および構成 (水平断面図, 単位:mm)	詳細を図-1～12および表-1に示す。 (全て依頼者の提出資料による。) 		

試験体の材料および構成 (水平断面図, 単位:mm)

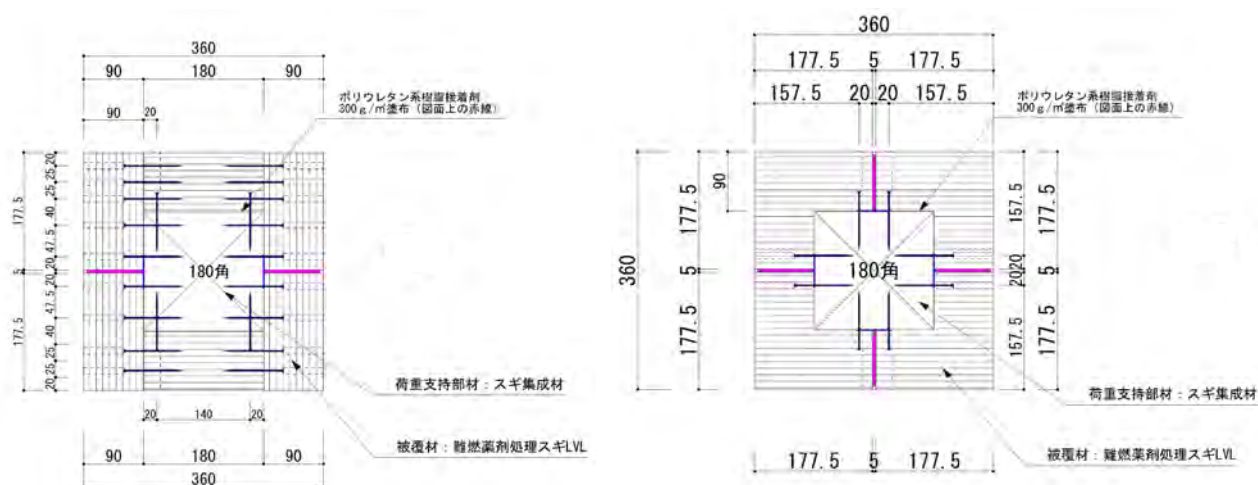
試

験

体



仕様2



仕様3

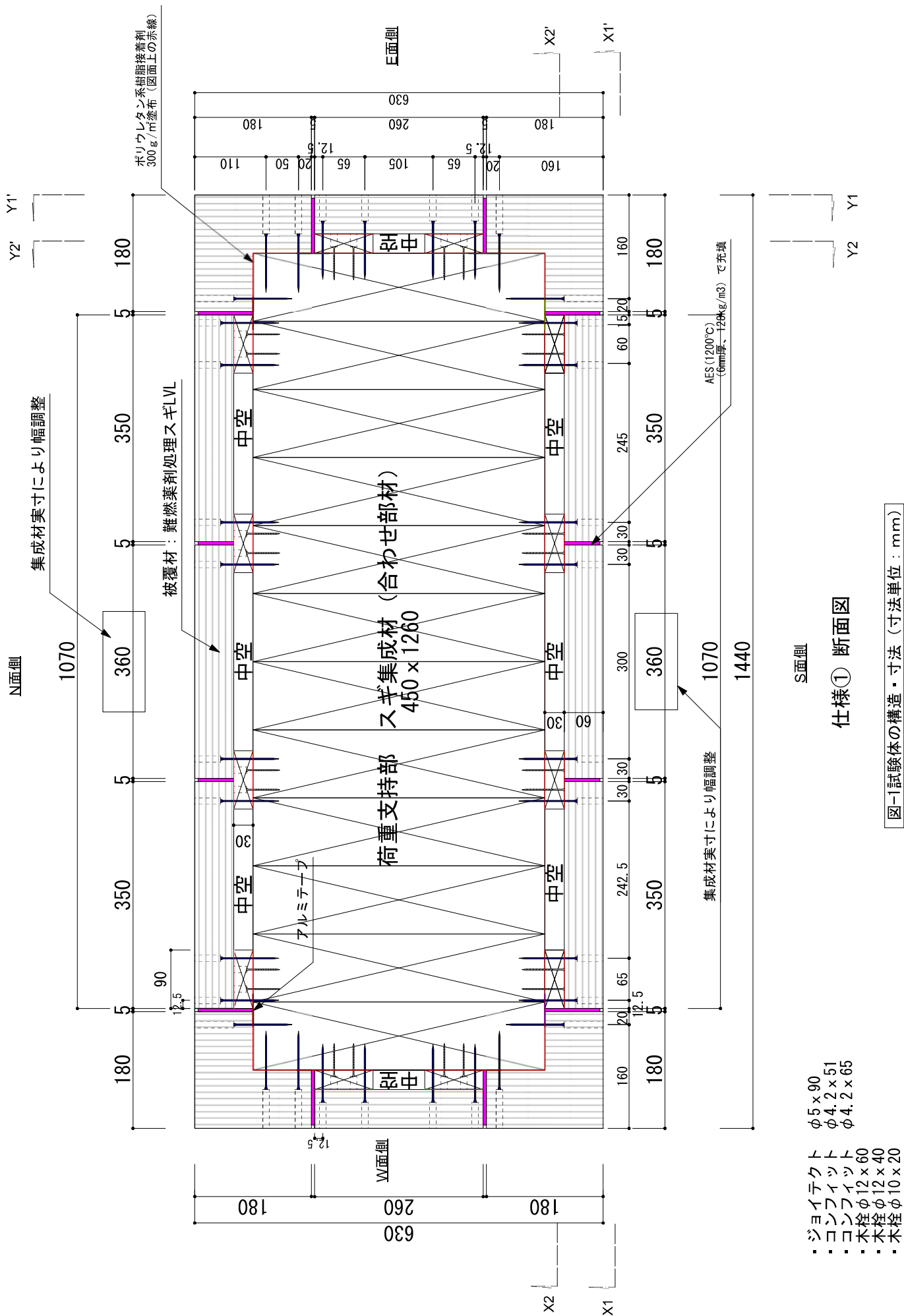
仕様4

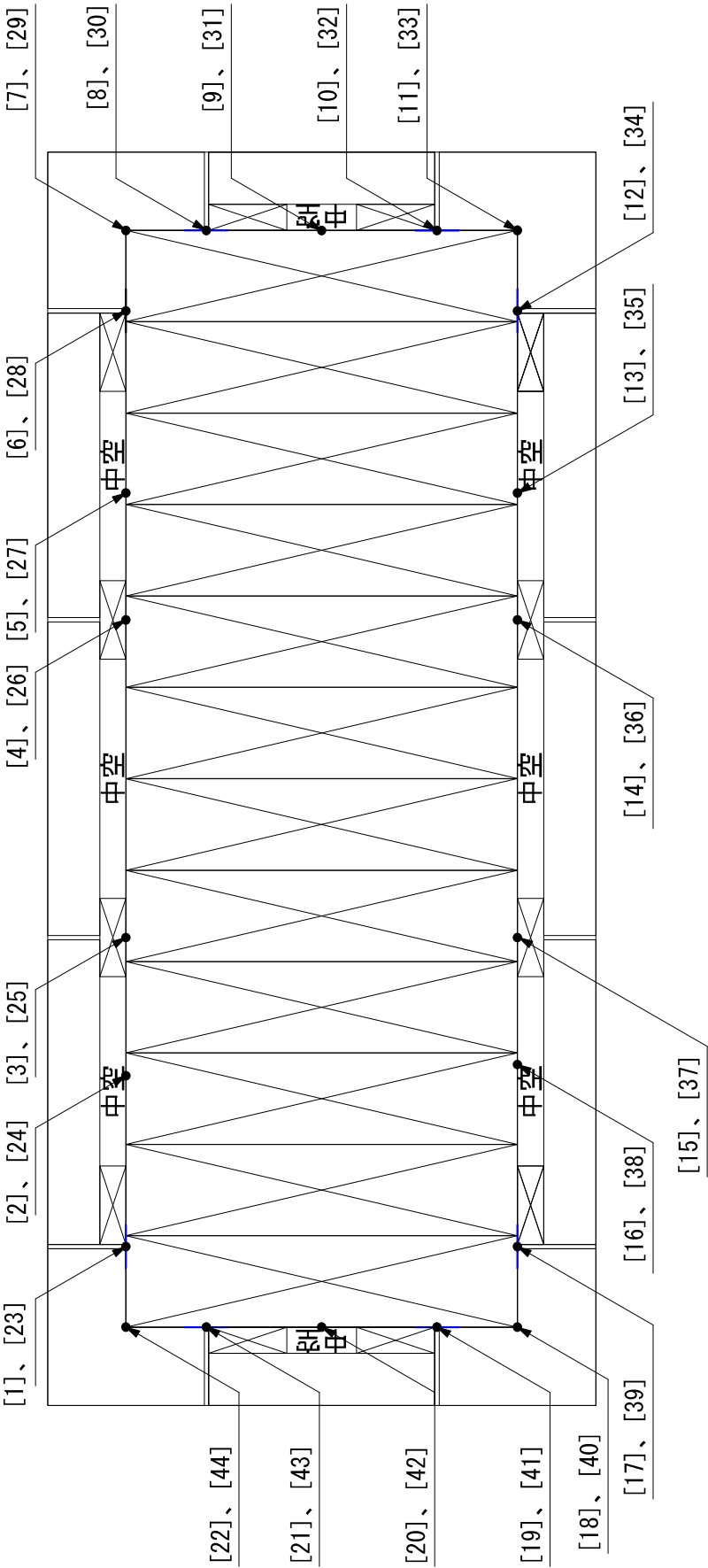
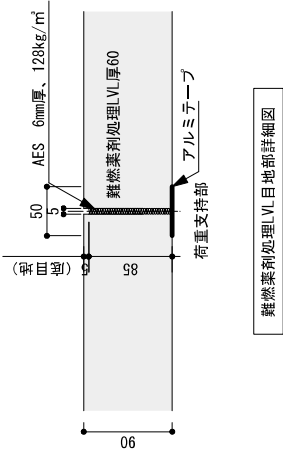
試験方法	試験規格	一般財団法人 日本建築総合試験所制定 「防耐火性能試験・評価業務方法書」 4.1 耐火性能試験方法に準拠
	加熱炉の熱源	都市ガス (46090 kJ/m ³)
	加熱温度の測定	加熱面から10cm離れた位置の火炎温度および炉壁から75cm離れた位置の空間温度
	加熱温度測定位置 内部温度測定位置	図-13に示す。 仕様1は図-2,3に、仕様2は図-6,7に、仕様3,4は図-11,12にそれぞれ示す。

試 結 果 備 考	試 験 体 記 号	仕様1	仕様2
	試 験 年 月 日	2023年 7月 28日 ～ 29日	
	試 験 体 の 大 き さ (mm)	W 630 × L 1440 × H 1900	W 630 × L 1440 × H 1900
	加 熱 面	4面	
	試 験 時 間	1350 分 ^{*1}	
	加 熱 時 間	90 分	
	加 熱 温 度 測 定 曲 線	図-14 に示す。	
	内 部 温 度 測 定 曲 線	図-15,16 に示す。	図-17 に示す。
	荷 重 支 持 部 材 の 炭 化 状 況	炭化していることを確認した。（写真-21,23,42参照）	炭化していることを確認した。（写真-47参照）
備 考	・ *1：依頼者と協議の上、試験を終了した時間を示す。 ・ 試験状況を仕様1を写真-1～4, 21～24, 41～42に、仕様2を写真-5～8, 25～28, 43～47にそれぞれ示す。 ・ 内部温度の測定には、依頼者が予め設置した熱電対を使用した。		

試	試 験 体 記 号	仕様3-1	仕様3-2	仕様4
	試 験 年 月 日	2023年 7月 28日 ～ 29日		
	試 験 体 の 大 き さ (mm)	W 360 × L 360 × H 1900		W 360 × L 360 × H 1900
験	加 熱 面	4面		
	試 験 時 間	1350 分 ^{*1}		
	加 熱 時 間	90 分		
結	加 熱 温 度 測 定 曲 線	図-14 に示す。		
	内 部 温 度 測 定 曲 線	図-18 に示す。	図-19 に示す。	図-20 に示す。
	荷 重 支 持 部 材 の 炭 化 状 況	炭化していないことを確認した。(写真-48～49参照)	炭化していないことを確認した。(写真-50～51参照)	炭化していないことを確認した。(写真-52～55参照)
果	・ *1：依頼者と協議の上、試験を終了した時間を示す。 ・ 試験状況を仕様3-1を写真-9～12, 29～32, 48～49に、仕様3-2を写真-13～16, 33～36, 50～51に、仕様4を写真-17～20, 37～40, 52～55にそれぞれ示す。 ・ 内部温度の測定には、依頼者が予め設置した熱電対を使用した。			
備				
考				
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：床・はり炉		
試験担当者		試験責任者： 小宮 祐人 試験担当者： 東 翔太		

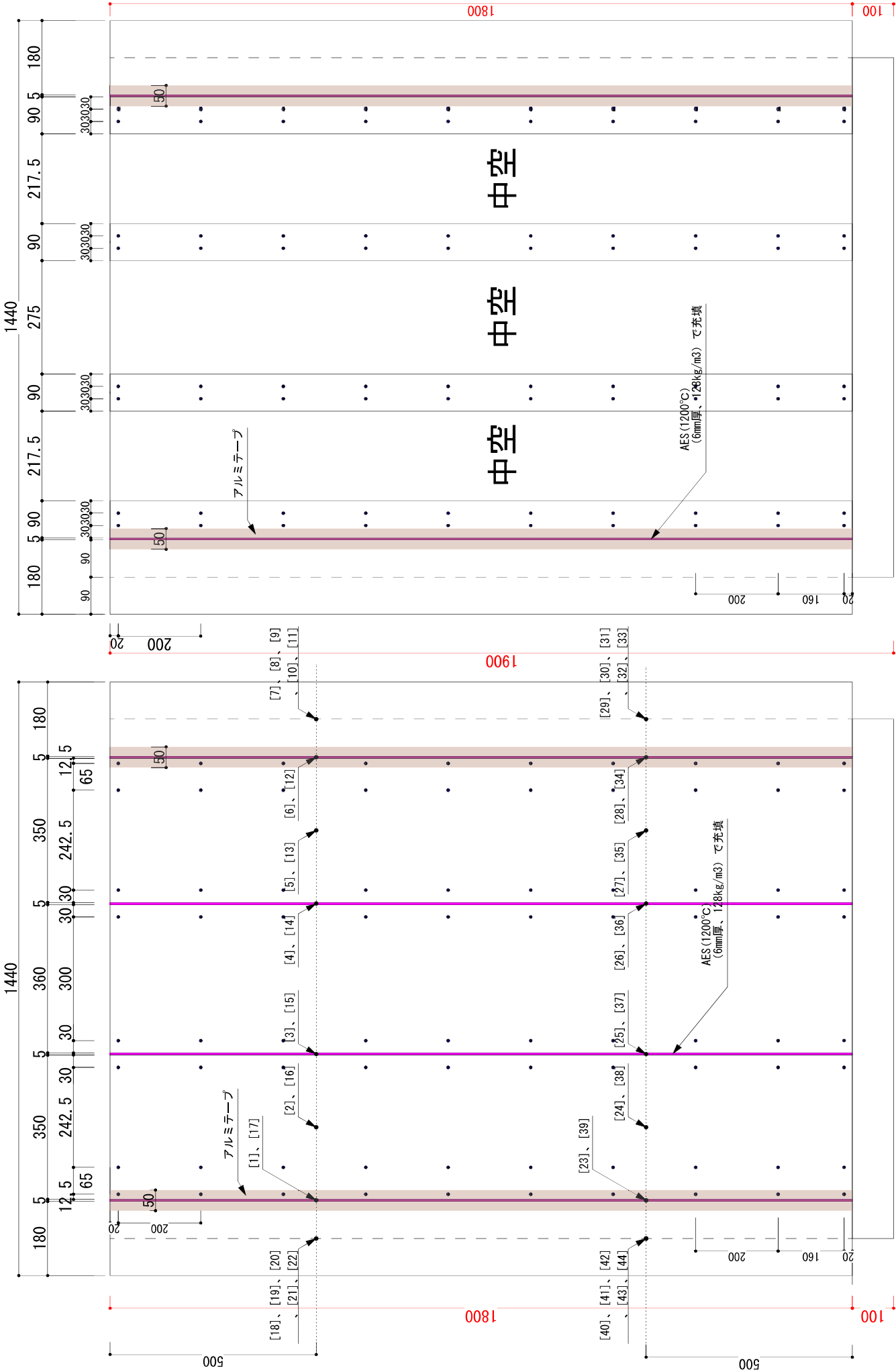
以上





仕様① 熱電対の断面図

図-2 試験体の構造・寸法・内部温度測定位置（寸法単位：mm）

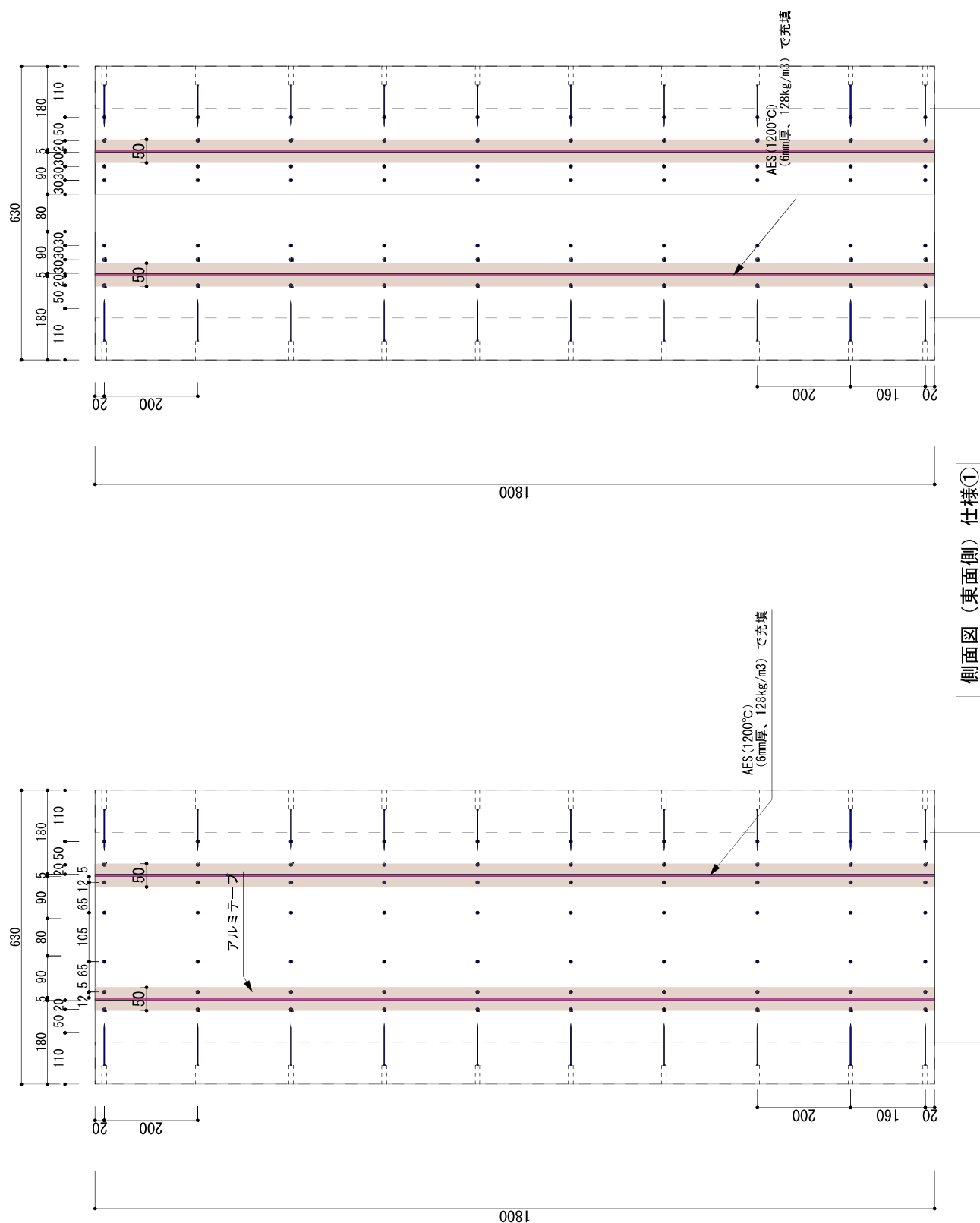


X2-X2' 断面図

側面図 (南面側) 仕様①

X1-X1' 断面図

図-3試験体の構造・寸法・内部温度測定位置 (寸法単位: mm)



Y2-Y2' 断面図

図-4試験体の構造・寸法 (寸法単位: mm)

Y1-Y1' 断面図

側面図 (東面側) 仕様①

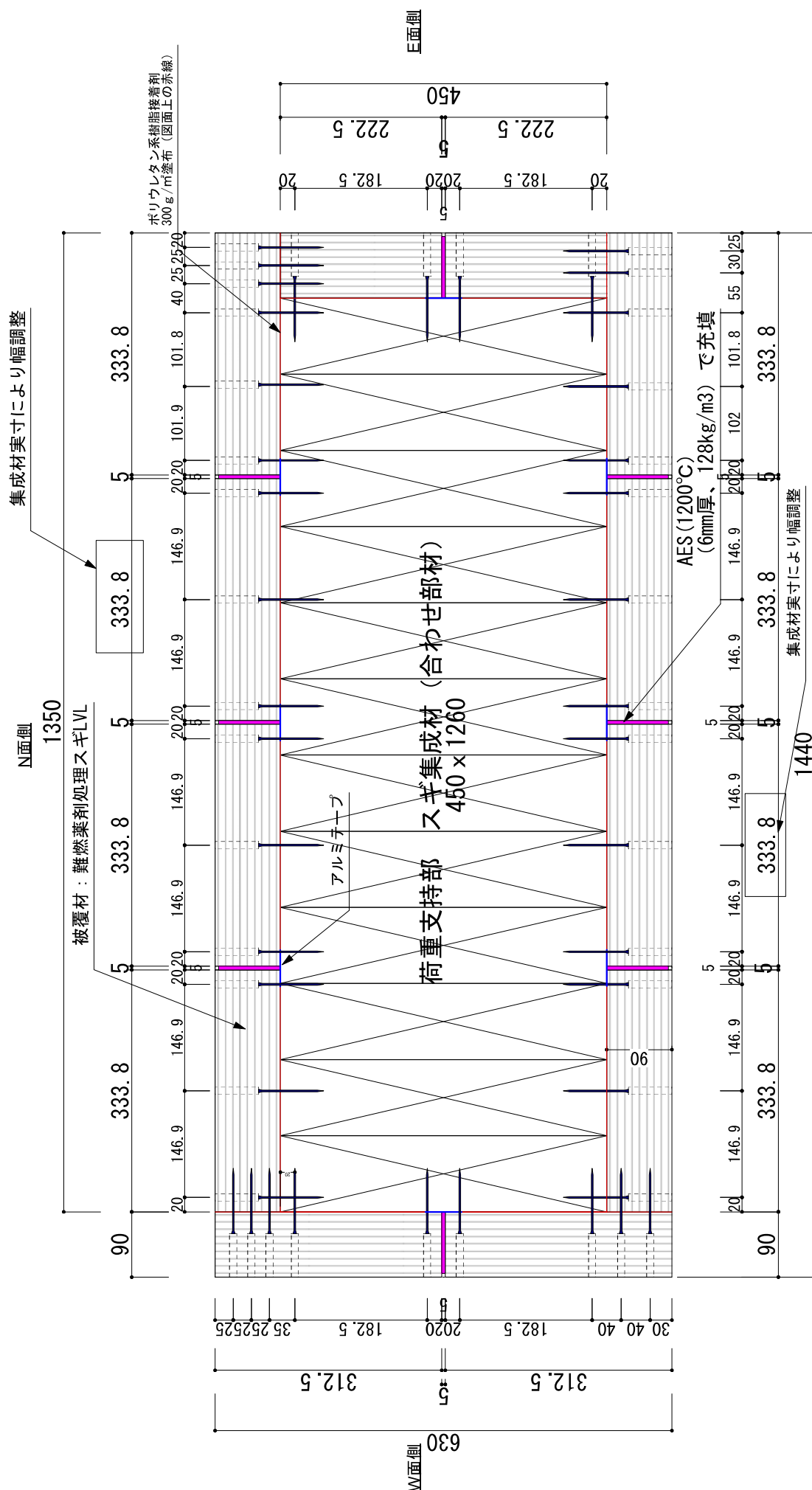
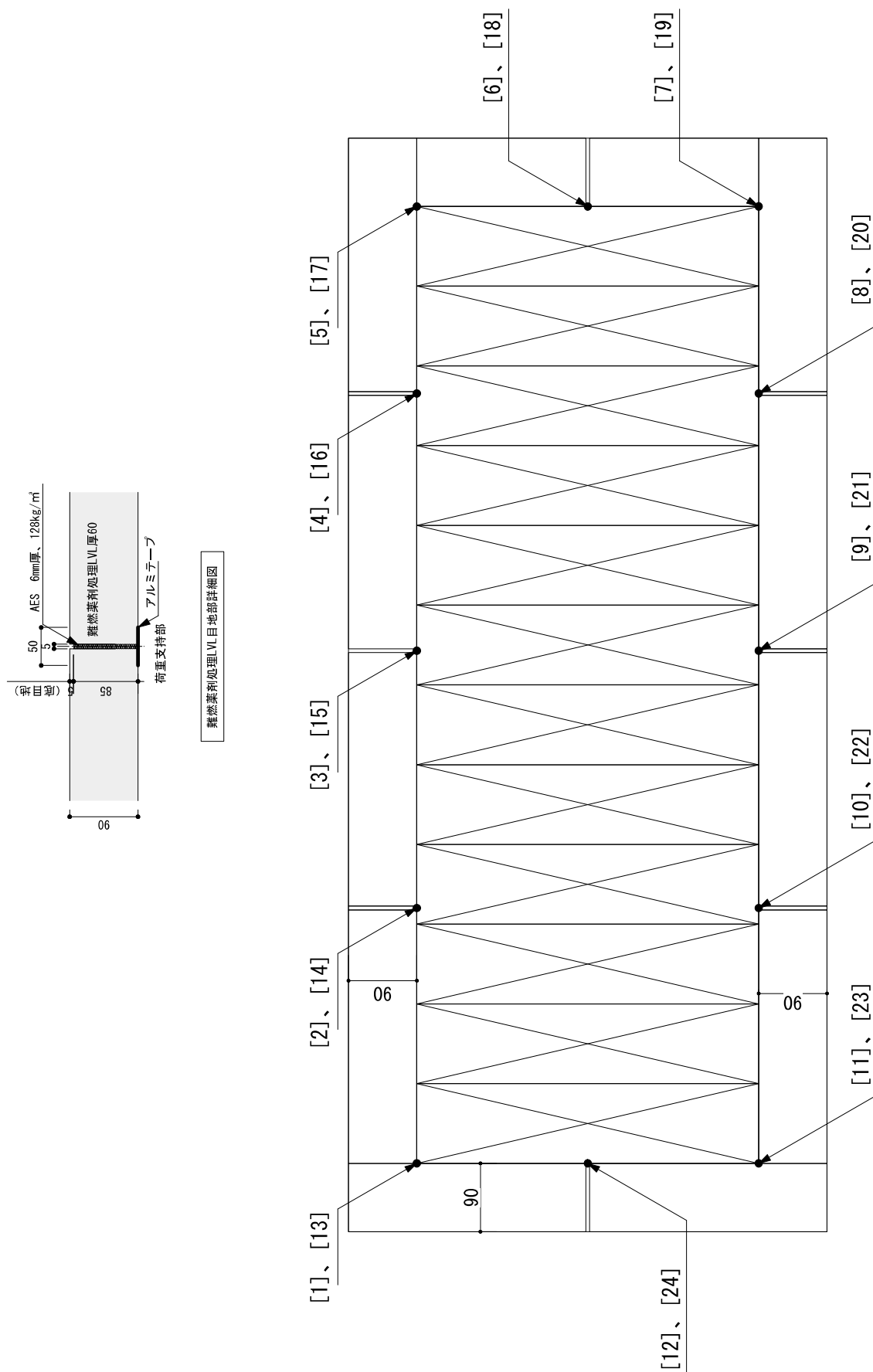


図-5試験体の構造・寸法（寸法単位：mm）



難燃薬剤処理VL目地部詳細図

仕様② 熱電対断面

図-6 試験体の構造・寸法・内部温度測定位置（寸法単位：mm）

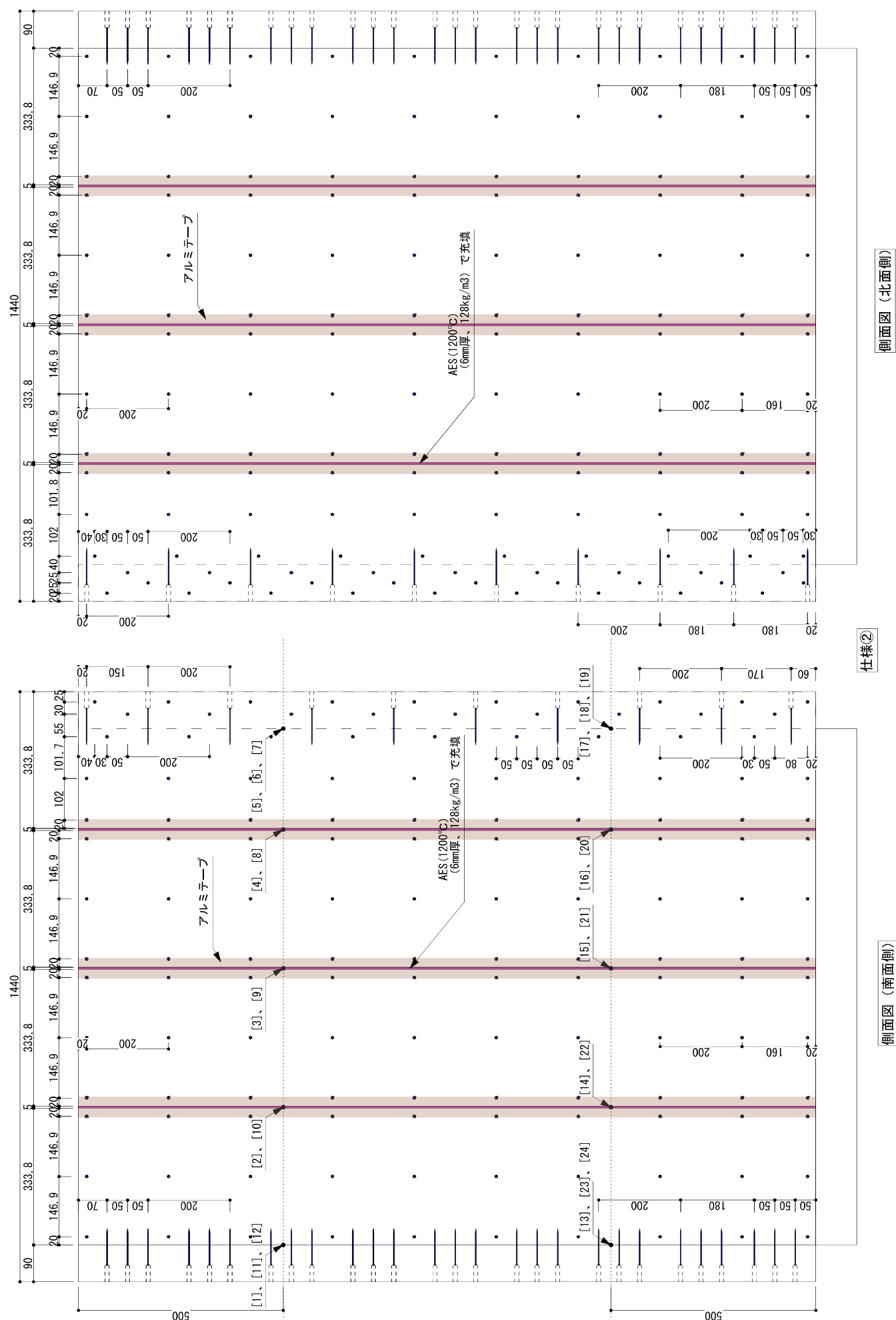
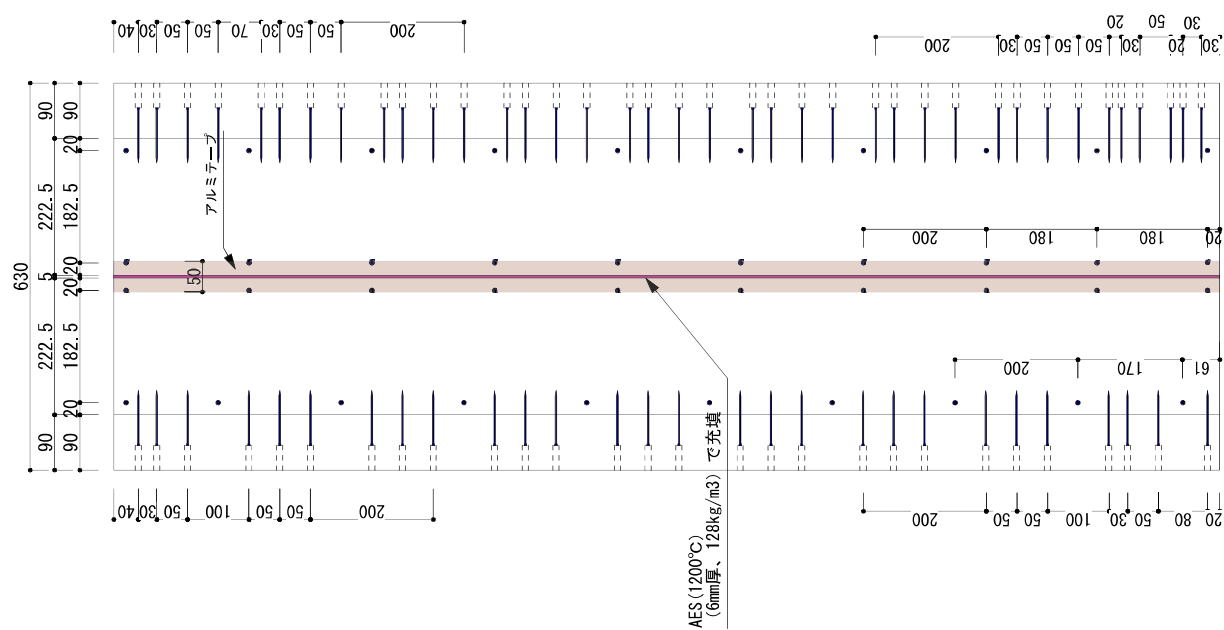
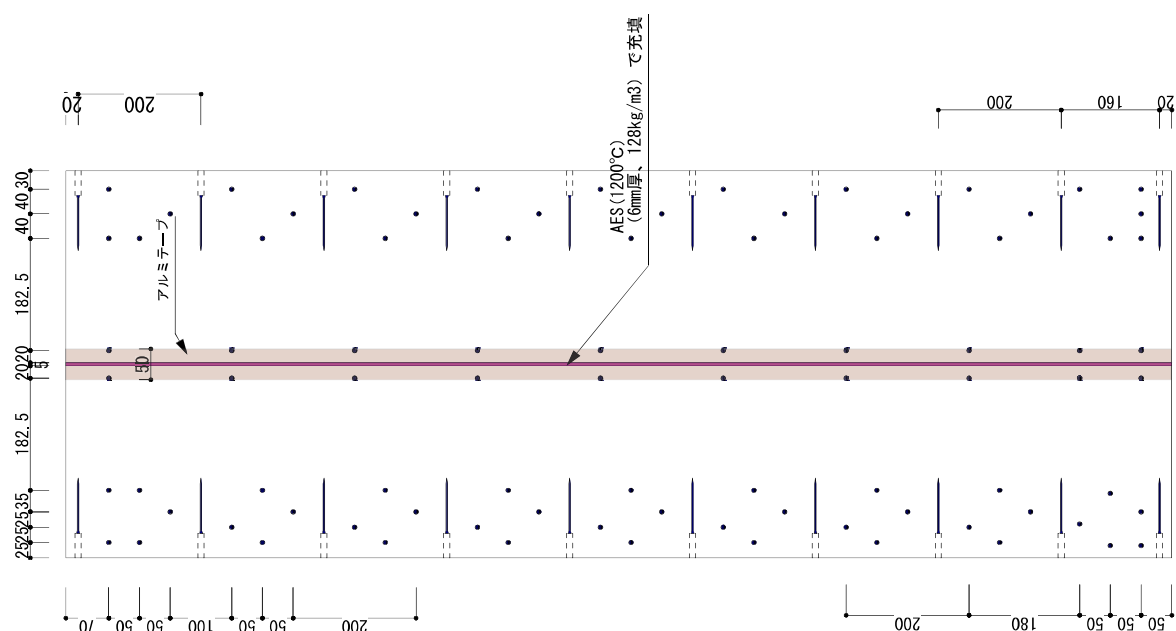


図-7 試験体の構造・寸法・内部温度測定位置 (寸法単位: mm)



側面図（東面側）



側面図（西面側）

図-8 試験体の構造・寸法（寸法単位：mm）

- ※試験体長さは1800mmとします。
- ※接着剤はオーシカ セレクティUR-20とします。
- ※接着剤塗布量は300g/㎡とします。
→ 1面あたり243g程度
- ※ビスはパネリードⅡ P6-135Ⅱ +
3列@300程度で想定しています。
- ※埋木は無し、全層10mm程度ビスをめり込ませます。

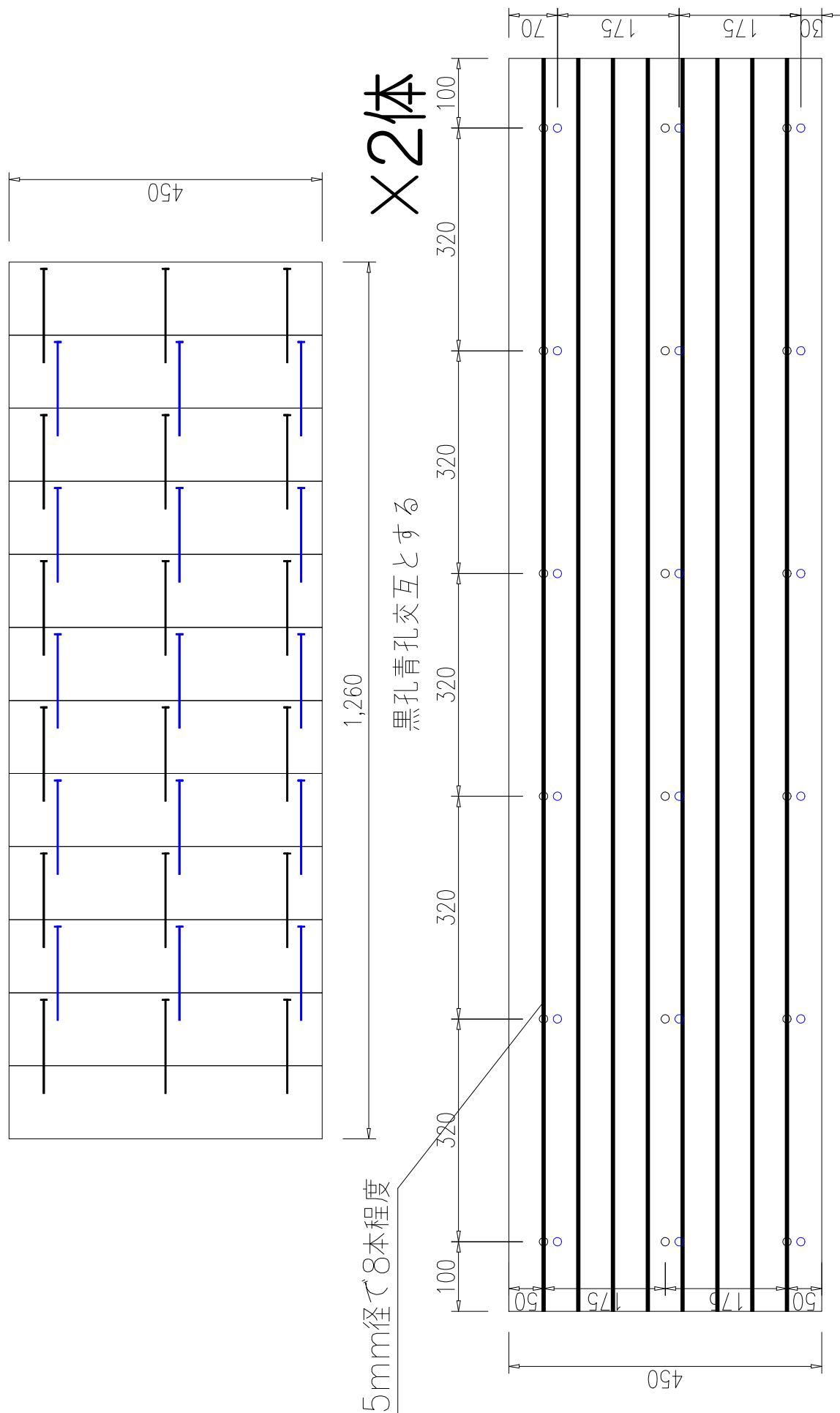
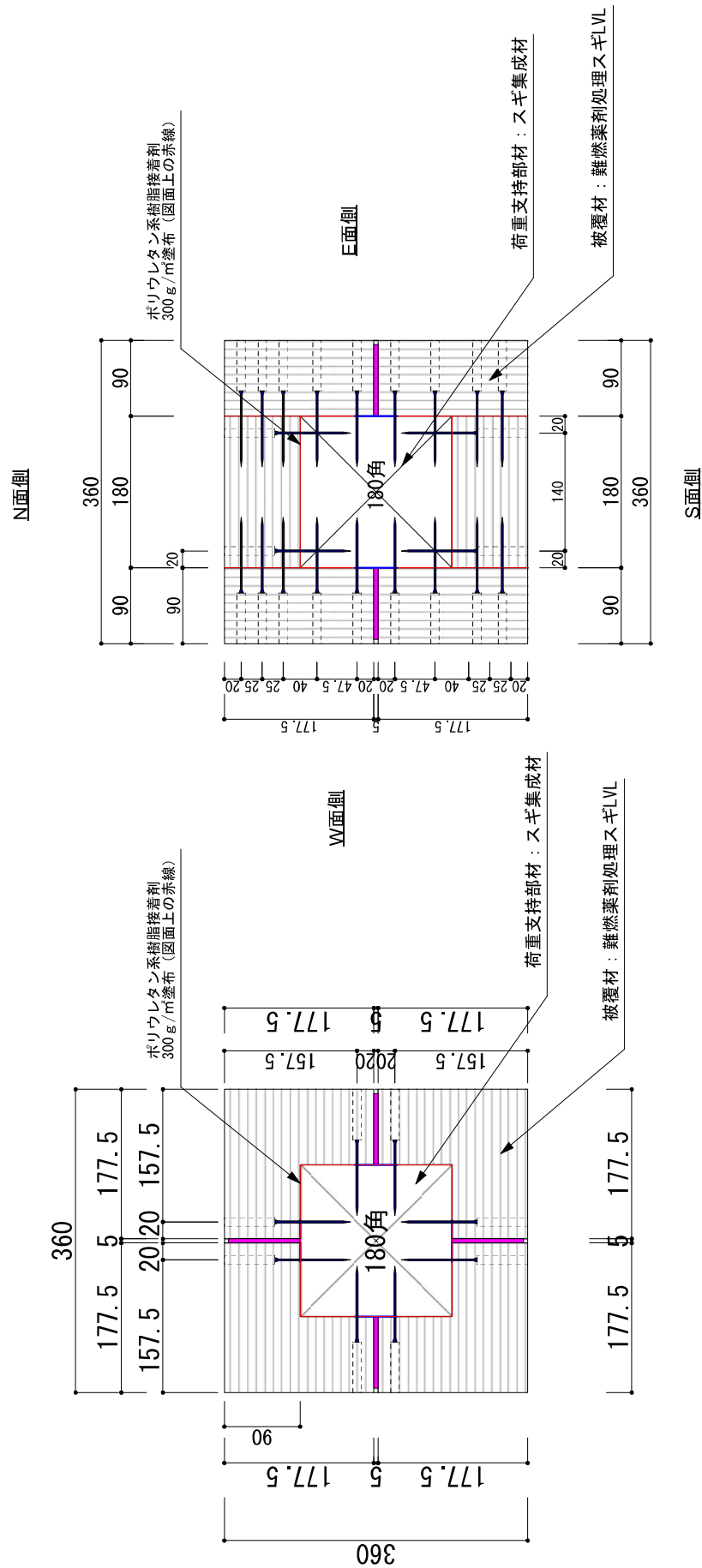


図-9 荷重支持部材の構成（仕様1、仕様2、寸法単位：mm）

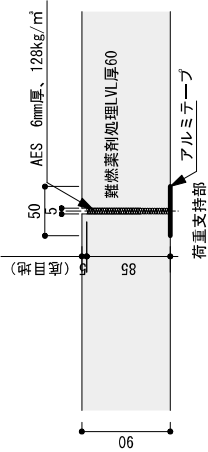


仕様③ 2体

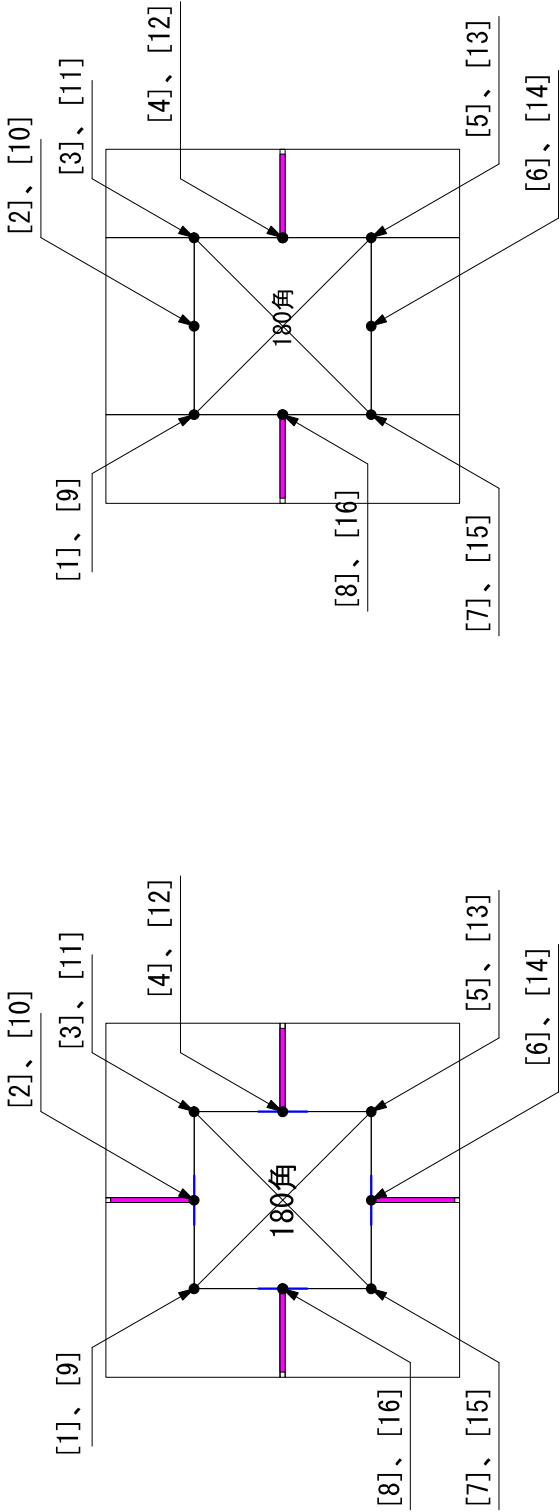
断面図

仕様④

図-10試験体の構造・寸法 (寸法単位: mm)



難燃薬剤処理VL目地部詳細図



仕様③ 2体

仕様④

熱電対断面

図-11 試験体の構造・寸法・内部温度測定位置（寸法単位：mm）

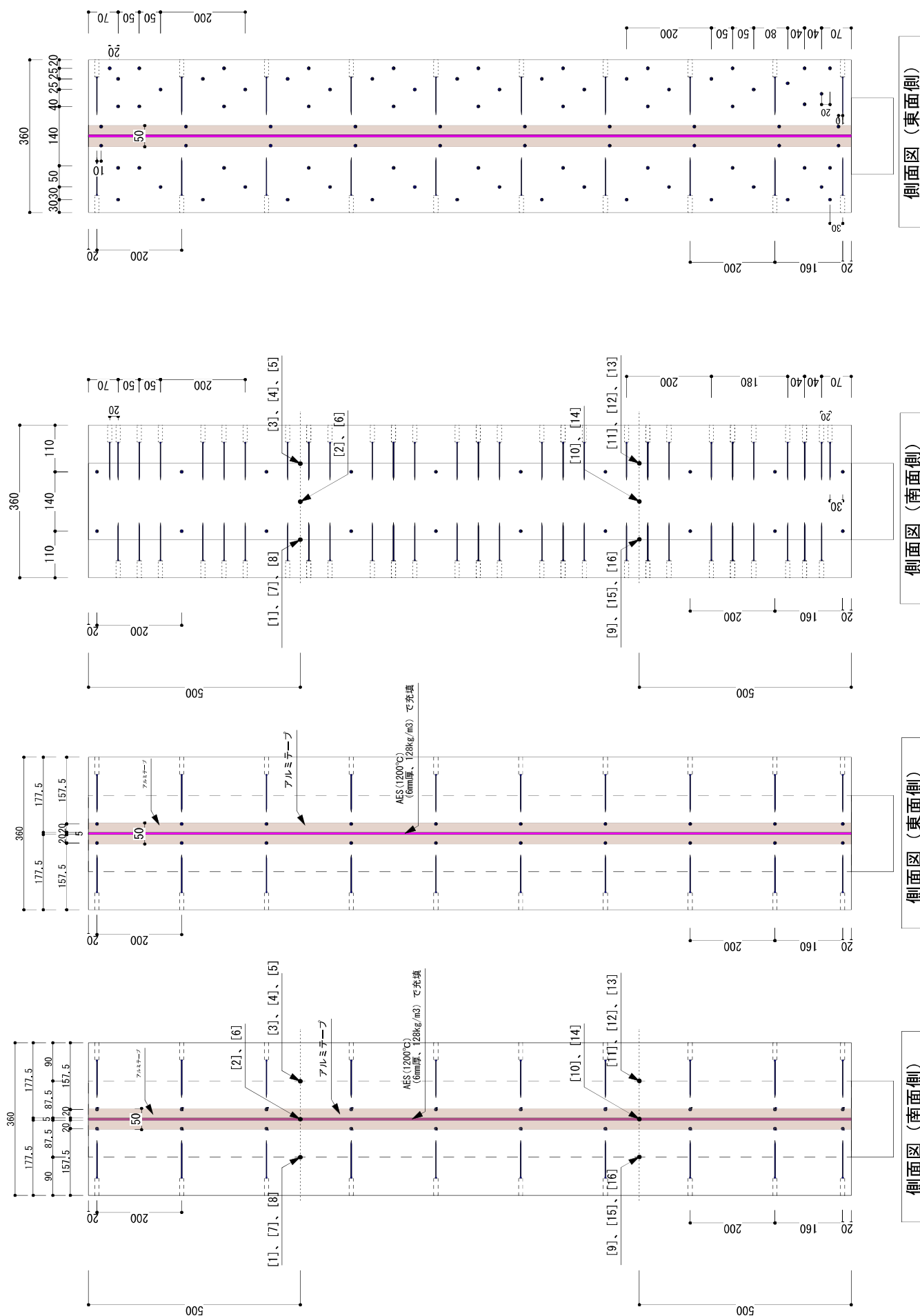
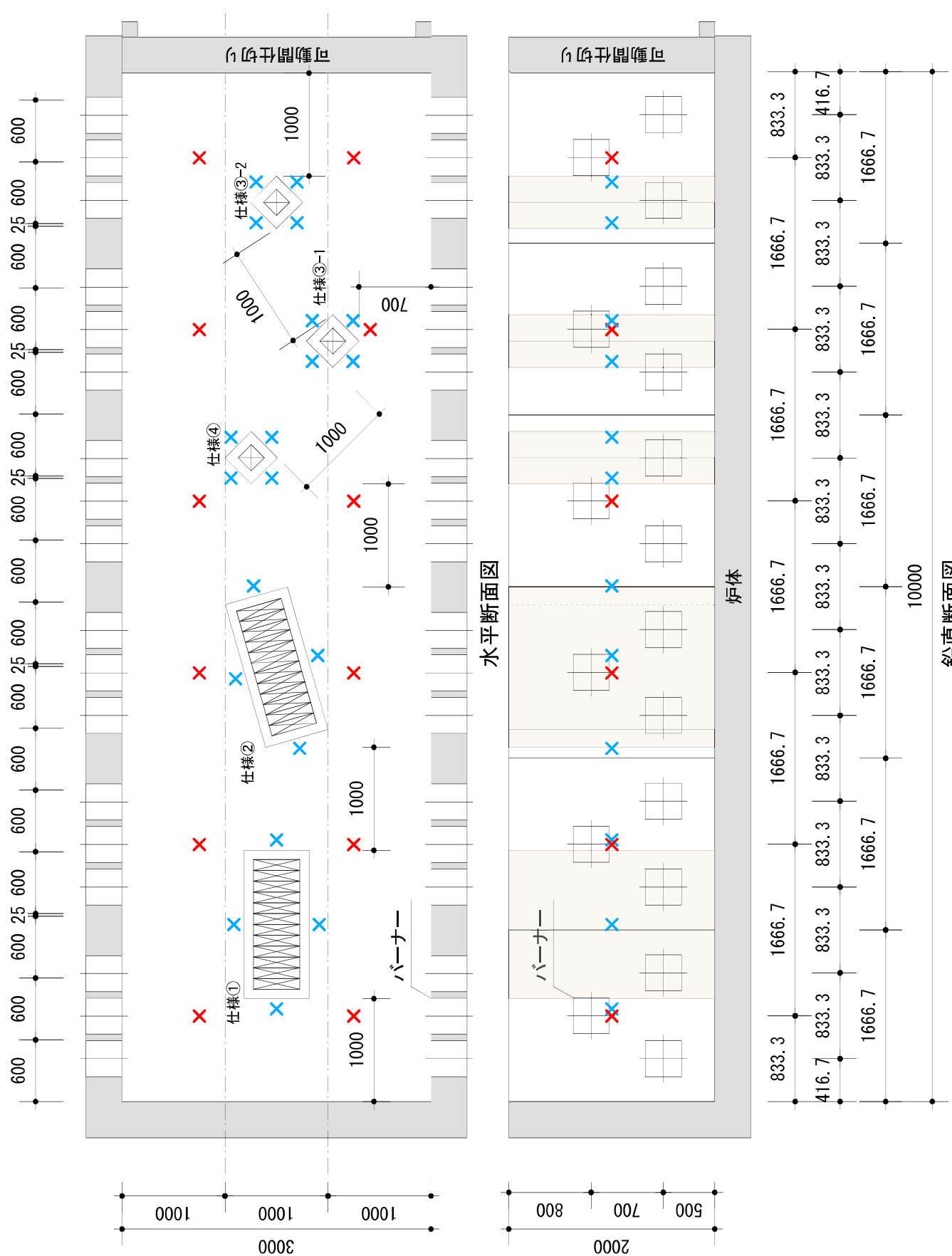


図-12 試験体の構造・寸法・内部温度測定位置 (寸法単位: mm)

表-1 試験体構成材料

(寸法単位：mm)

項 目	詳 細
荷重支持部材	木製柱 ① ・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 対称異等級構成E65-F225) (使用環境A) ・樹種 スギ ・断面寸法 105 x 450 を12枚合わせて 450 x 1260 (合せ柱) 2体 ・ビス パネリードⅡ+ ・接着剤 セレクティUR-20 ・塗布量 300g/m² ② ・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 対称異等級構成E65-F225) (使用環境A) ・樹種 スギ ・断面寸法 180 x 180 3体
被覆材	[1]単板積層材 ・材質 りん・窒素系薬剤処理単板積層材 ・薬剤含浸量 125～140kg/m³ ・厚さ 90(厚さ 30 の板を積層) 厚さ 60(厚さ 30 の板を積層) 厚さ 30 [2]目地充填材 ・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) ・厚さ 6 mm以上 ・密度 128kg/m³以上 ・分類温度 1200℃以上 [3]アルミ箔テープ ・厚さ 0.09mm ・幅 50 mm以上
留付材	[1]被覆材留付用 [1]-1 ねじ ・材質 鉄鋼 ・寸法 φ5 mm×L90 mm ・留付間隔 200 以下 [1]-2 ねじ ・材質 鉄鋼 ・寸法 φ4.2 mm×L51 mm 、φ4.2 mm×L 65mm ・留付間隔 200 以下 [1]-3 接着剤 ・材質 ウレタン系樹脂接着剤 ・塗布量 300g/m² [1]-3 木栓 ・材質 広葉樹 ・寸法 φ10、φ12



凡例：加熱温度測定位置
 試験体表面から100mm
 炉壁から750mm

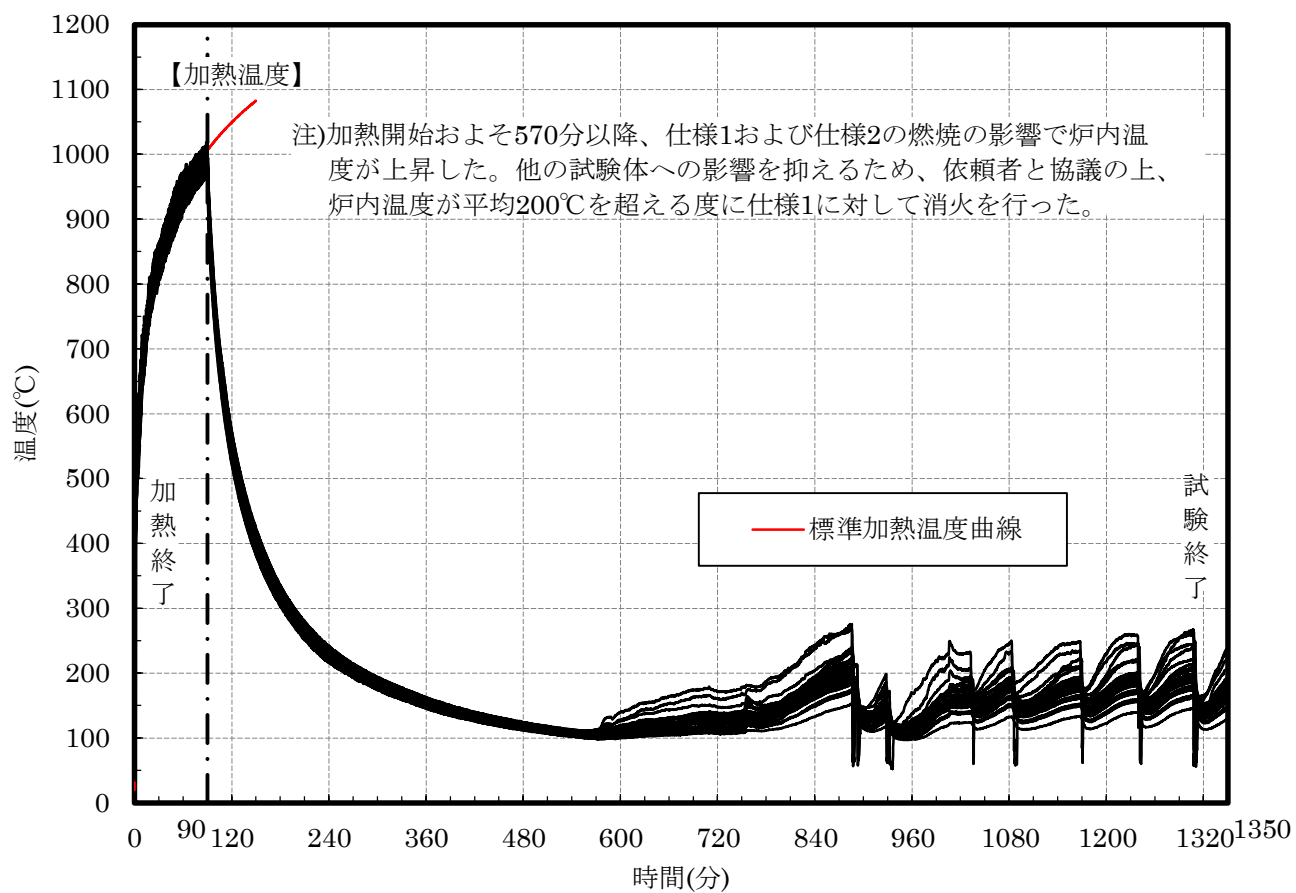


図-14 加熱温度測定曲線 (仕様 1~4)

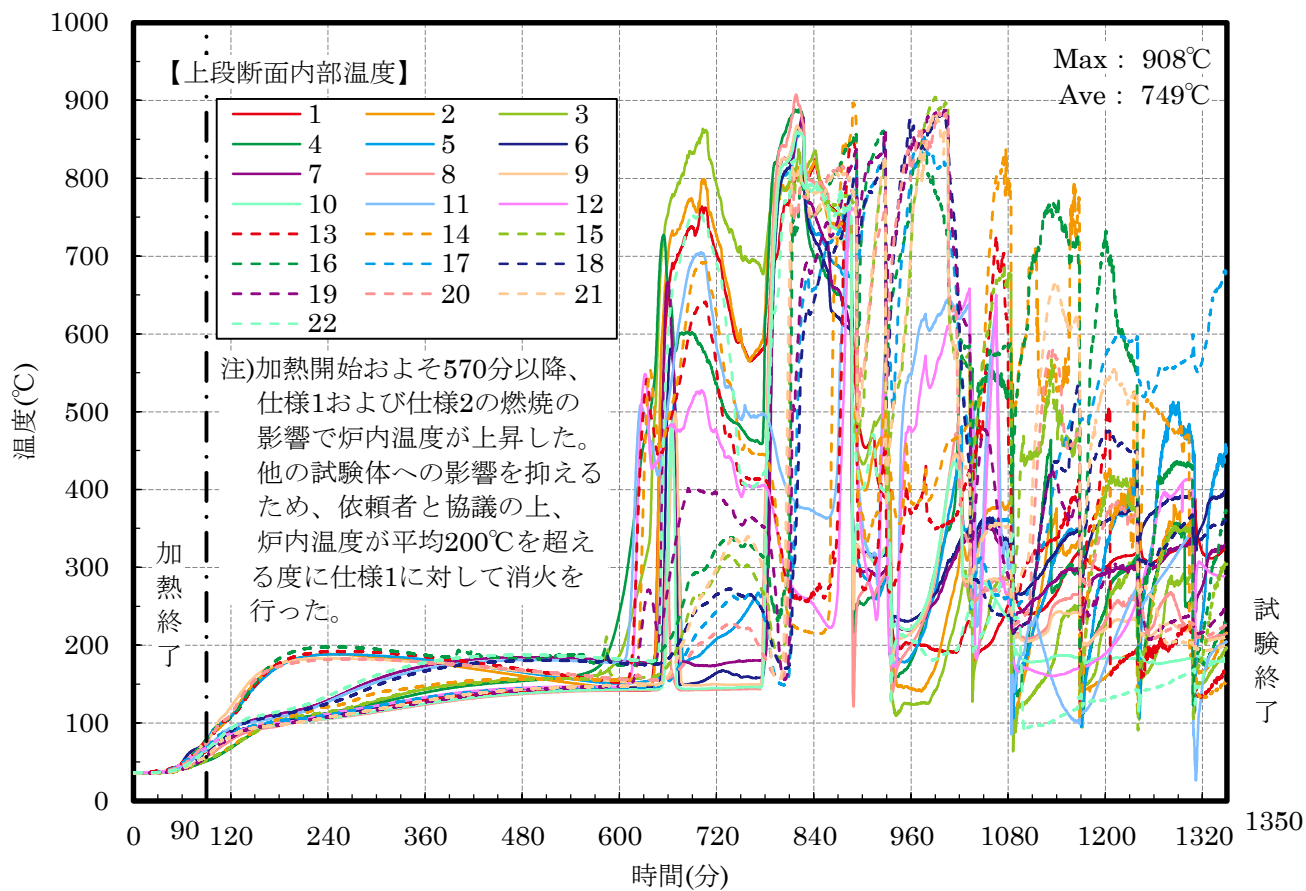


図-15 内部温度測定曲線 (仕様1)

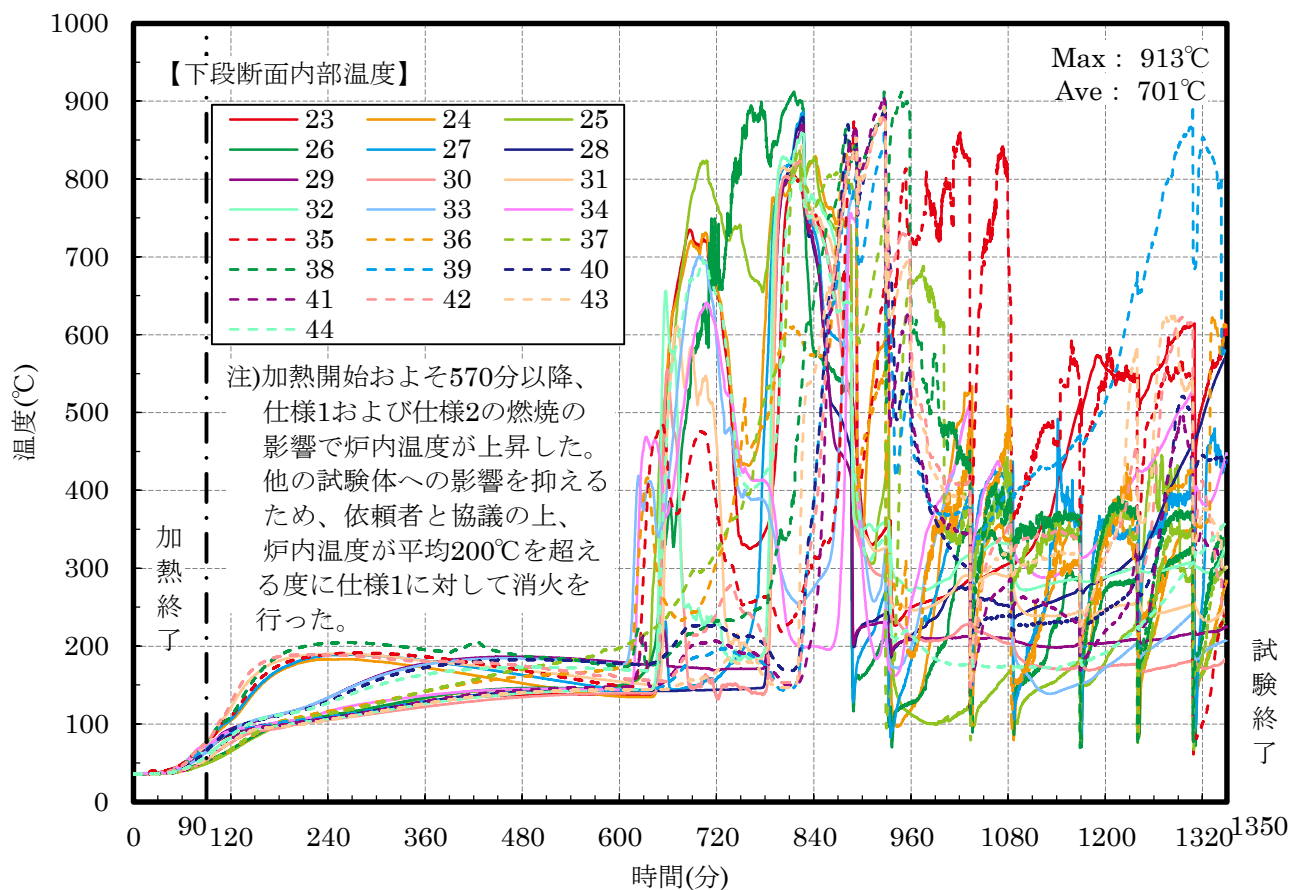


図-16 内部温度測定曲線 (仕様1)

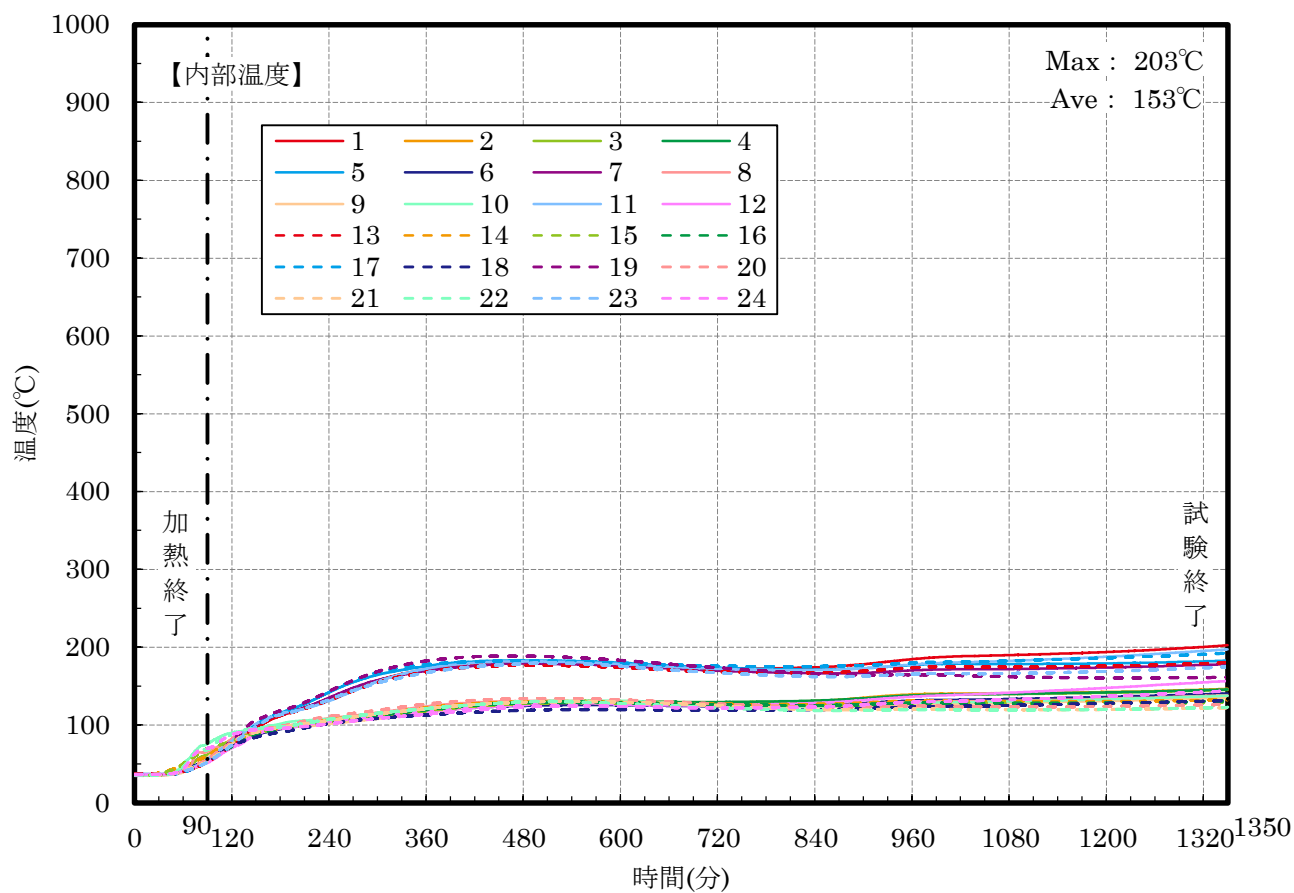


図-17 内部温度測定曲線 (仕様2)

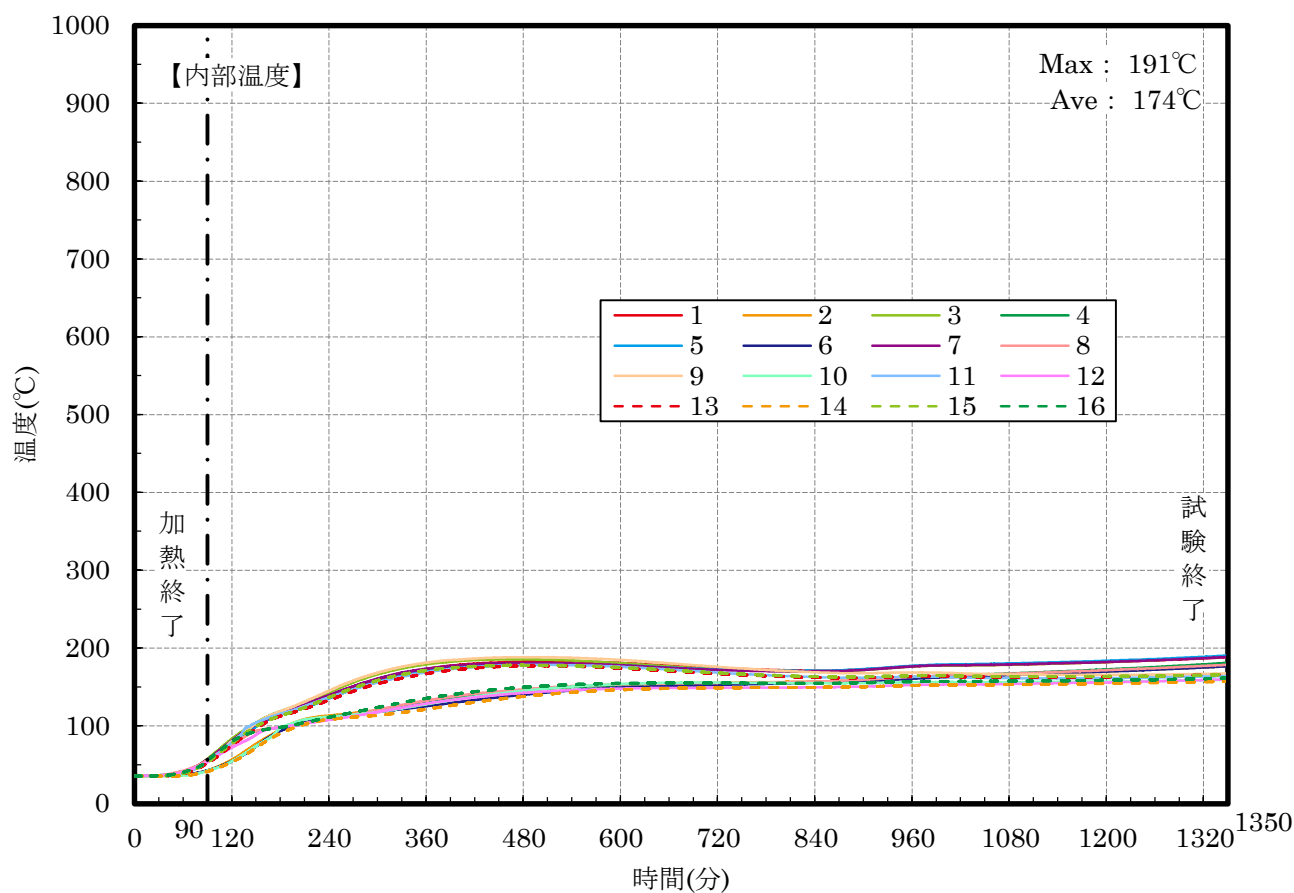


図-18 内部温度測定曲線 (仕様3-1)

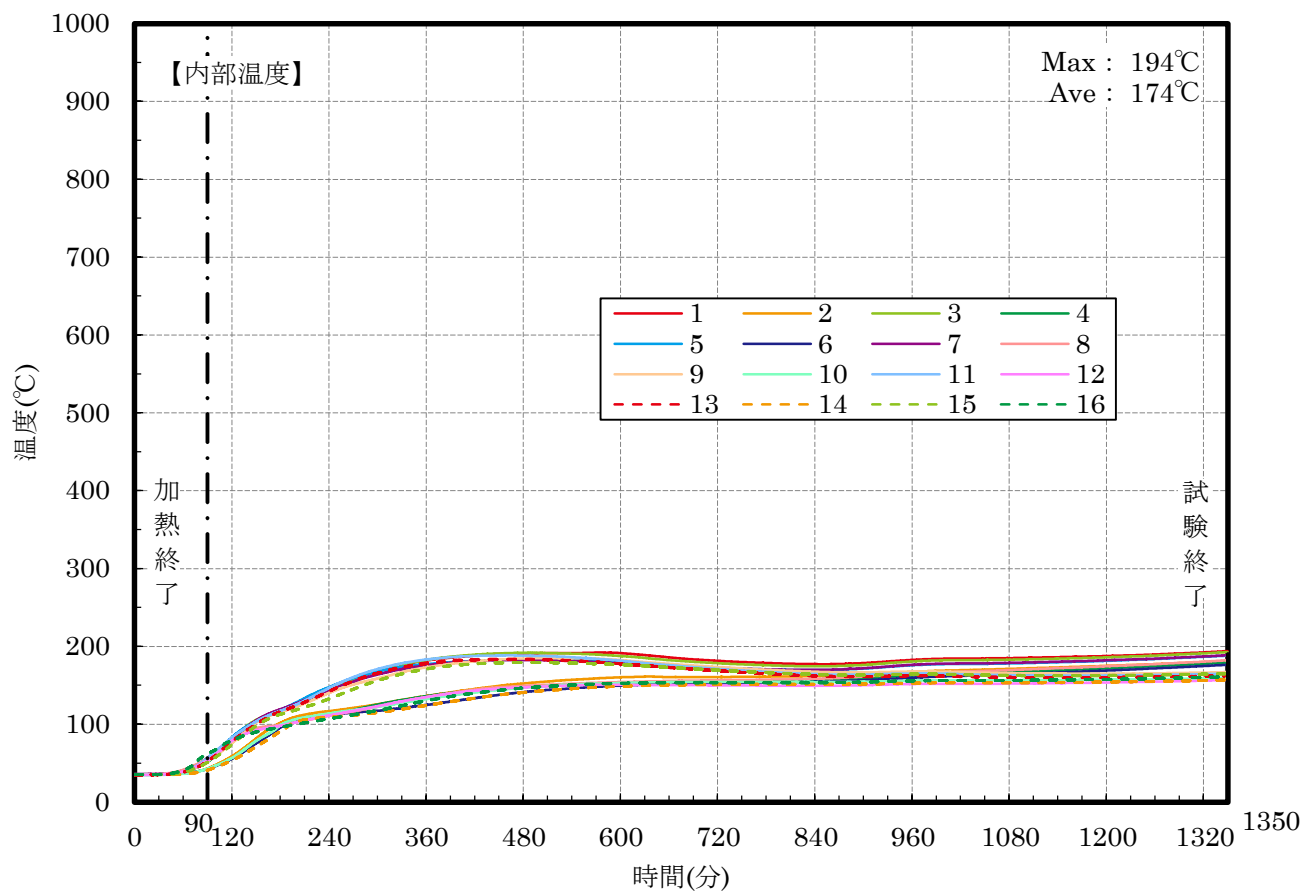


図-19 内部温度測定曲線 (仕様3-2)

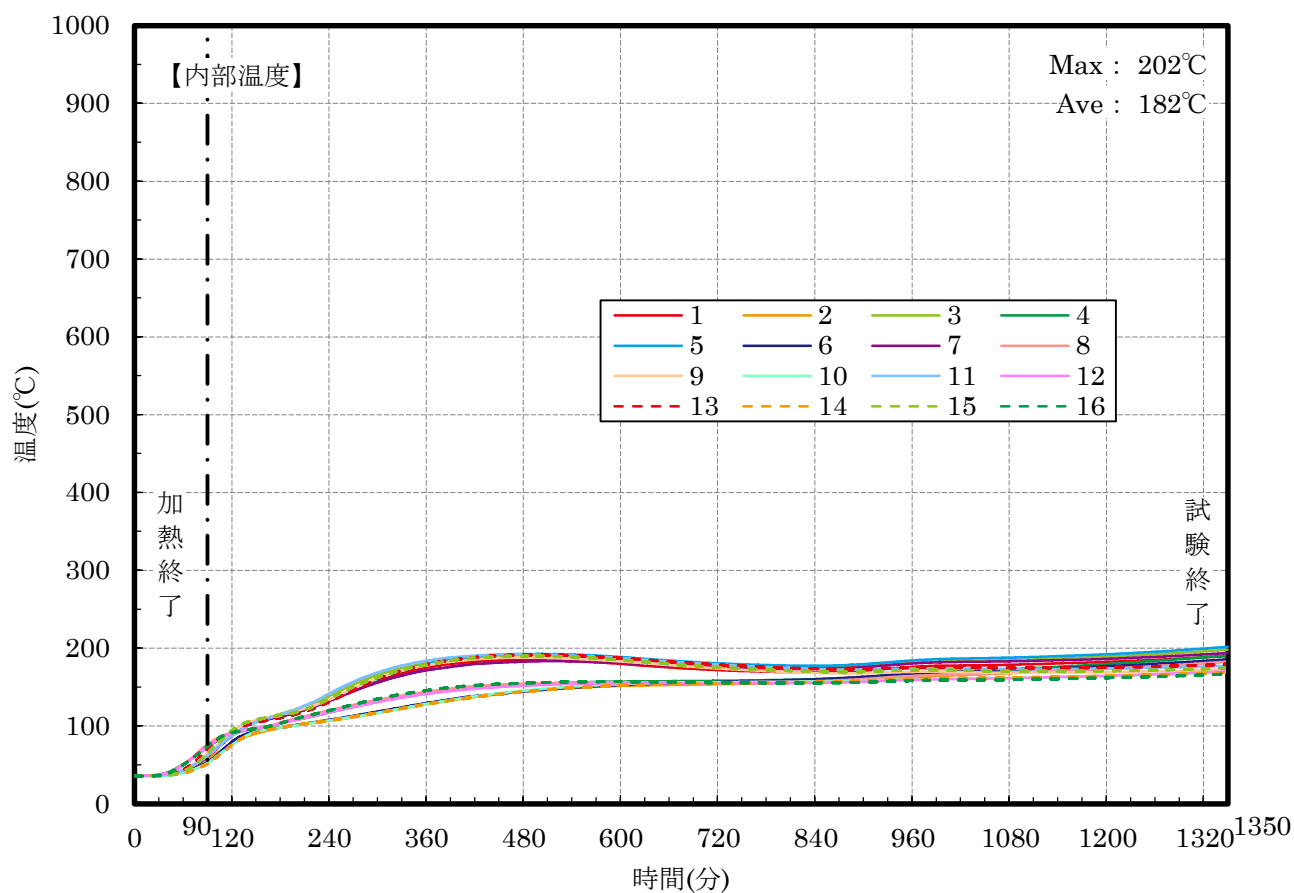


図-20 内部温度測定曲線 (仕様4)



写真-1 仕様1 E面側
(加熱前)



写真-2 仕様1 S面側
(加熱前)



写真-3 仕様1 W面側
(加熱前)



写真-4 仕様1 N面側
(加熱前)



写真-5 仕様2 E面側
(加熱前)



写真-6 仕様2 S面側
(加熱前)



写真-7 仕様2 W面側
(加熱前)



写真-8 仕様2 N面側
(加熱前)



写真-9 仕様3-1 E面側
(加熱前)



写真-10 仕様3-1 S面側
(加熱前)



写真-11 仕様3-1 W面側
(加熱前)



写真-12 仕様3-1 N面側
(加熱前)



写真-13 仕様3-2 E面側
(加熱前)



写真-14 仕様3-2 S面側
(加熱前)



写真-15 仕様3-2 W面側
(加熱前)



写真-16 仕様3-2 N面側
(加熱前)



写真-17 仕様4 E面側
(加熱前)



写真-18 仕様4 S面側
(加熱前)



写真-19 仕様4 W面側
(加熱前)



写真-20 仕様4 N面側
(加熱前)



写真-21 仕様1 E面側
(加熱後)



写真-22 仕様1 S面側
(加熱後)



写真-23 仕様1 W面側
(加熱後)



写真-24 仕様1 N面側
(加熱後)



写真-25 仕様2 E面側
(加熱後)



写真-26 仕様2 S面側
(加熱後)



写真-27 仕様2 W面側
(加熱後)



写真-28 仕様2 N面側
(加熱後)

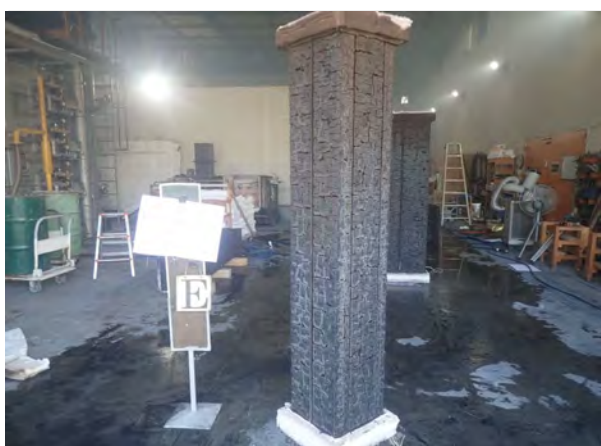


写真-29 仕様3-1 E面側
(加熱後)

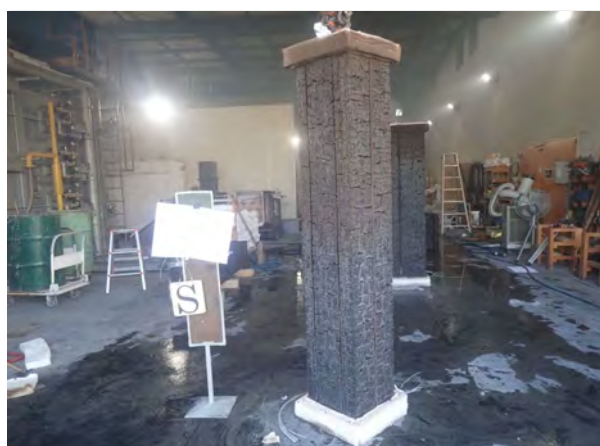


写真-30 仕様3-1 S面側
(加熱後)

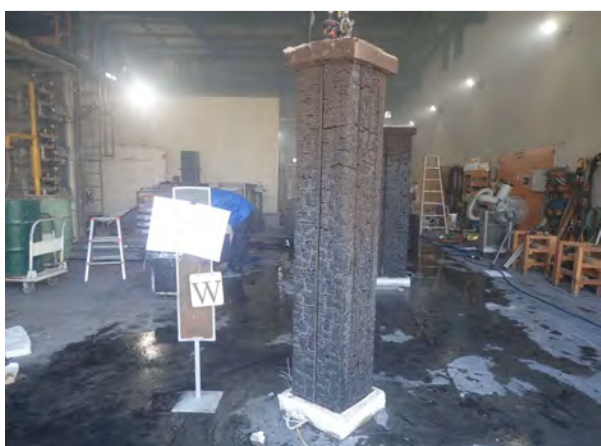


写真-31 仕様3-1 W面側
(加熱後)

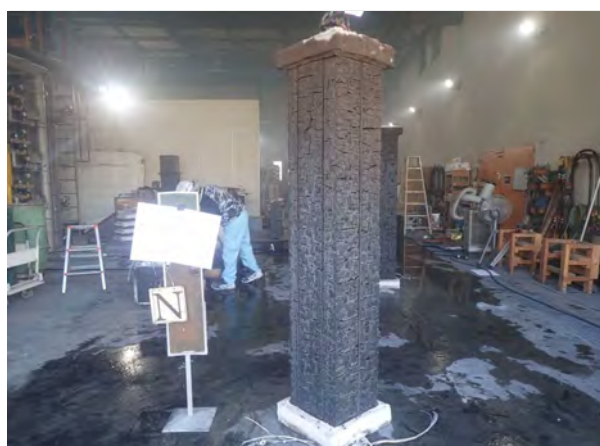


写真-32 仕様3-1 N面側
(加熱後)



写真-33 仕様3-2 E面側
(加熱後)

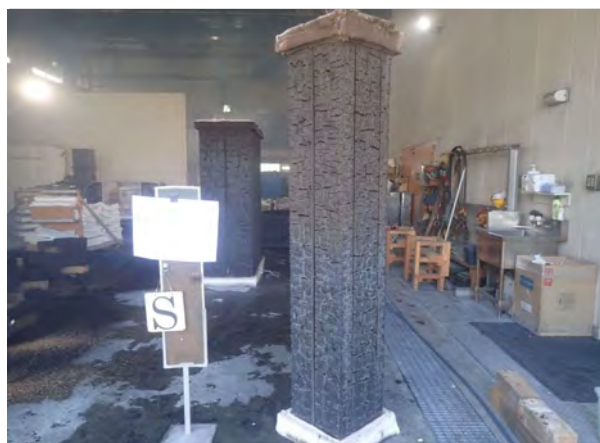


写真-34 仕様3-2 S面側
(加熱後)

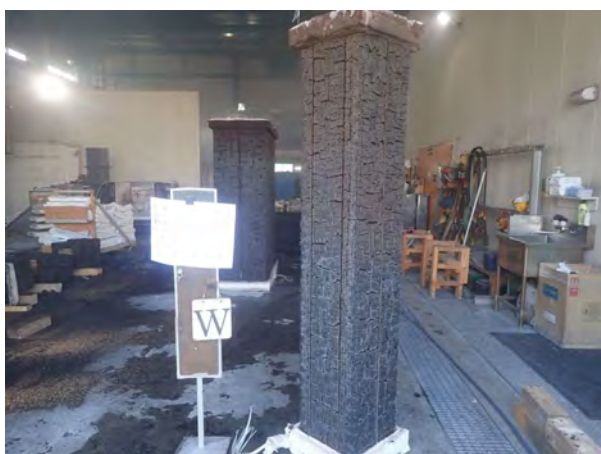


写真-35 仕様3-2 W面側
(加熱後)

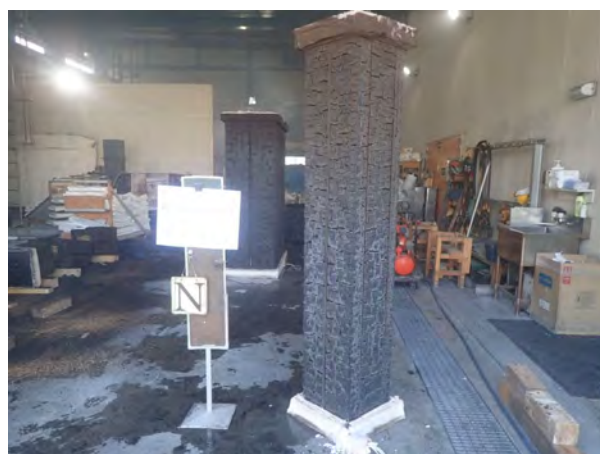


写真-36 仕様3-2 N面側
(加熱後)

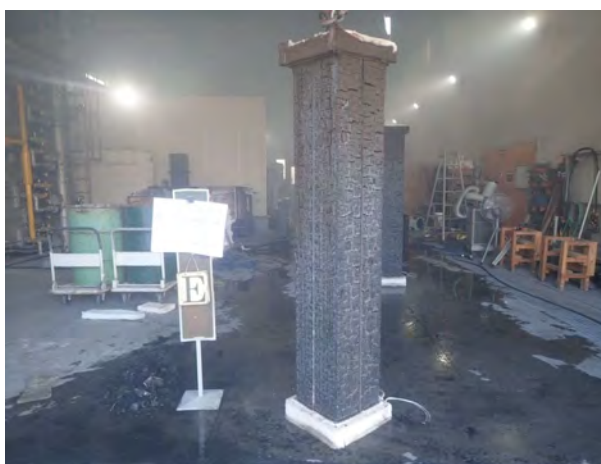


写真-37 仕様4 E面側
(加熱後)

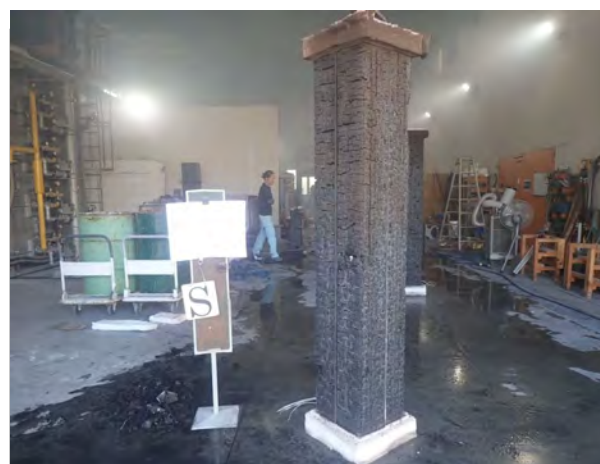


写真-38 仕様4 S面側
(加熱後)



写真-39 仕様4 W面側
(加熱後)



写真-40 仕様4 N面側
(加熱後)



写真-41 仕様1 N面側
(解体後)



写真-42 仕様1 S面側
(解体後)



写真-43 仕様2 N面側
(解体後)



写真-44 仕様2 W面側
(解体後)



写真-45 仕様2 S面側
(解体後)



写真-46 仕様2 E面側
(解体後)



写真-47 仕様2 S面側下部
(解体後)



写真-48 仕様3-1 上から500mmの断面
(解体後)



写真-49 仕様3-1 下から500mmの断面
(解体後)

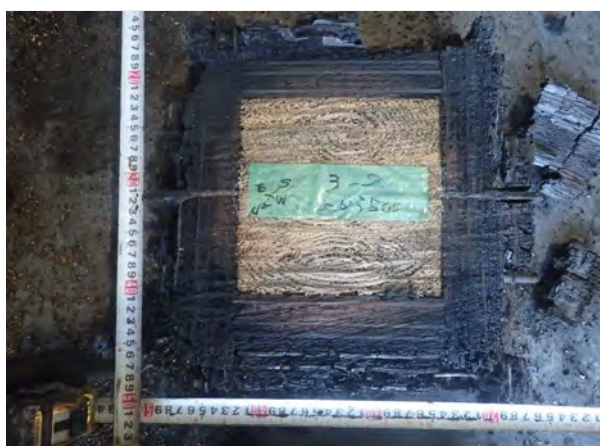


写真-50 仕様3-2 上から500mmの断面
(解体後)



写真-51 仕様3-2 下から500mmの断面
(解体後)



写真-52 仕様4 上から500mmの断面
(解体後)

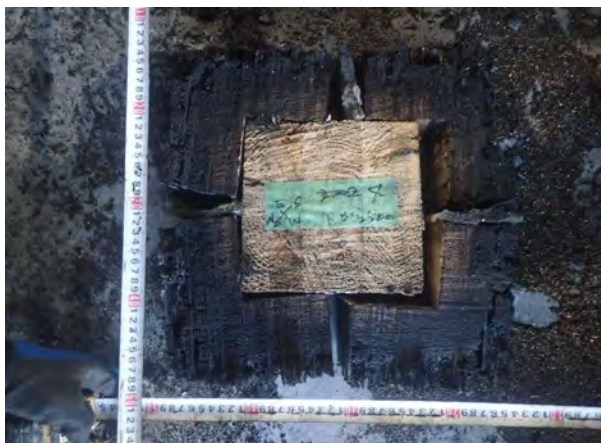


写真-53 仕様4 下から500mmの断面
(解体後)



写真-54 仕様4
上から500mmの断面の荷重支持部材側面
(解体後)



写真-55 仕様4
下から500mmの断面の荷重支持部材側面
(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なして下さい。

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