

建材試験 情報^{vol.} 52

2016

2

JTCCM
JOURNAL

巻頭言

これからのまちづくりにむけて

寄稿

膜構造建築物に用いる ETFE フィルムの防火性能

技術レポート

コンクリートの高温時力学的特性に及ぼす
養生条件と水セメント比の影響
その 1. 応力-ひずみ関係



Environment

Testing

Life



一般財団法人

建材試験センター

Japan Testing Center For Construction Materials

I n d e x

p1

巻頭言

これからのまちづくりにむけて

／一般社団法人 再開発コーディネーター協会 専務理事 春川 真一

p2

寄稿

膜構造建築物に用いる ETFE フィルムの防火性能

／太陽工業株式会社 設計本部 設計企画室 斉藤 嘉仁

p7

技術レポート

コンクリートの高温時力学的特性に及ぼす養生条件と水セメント比の影響

その1. 応力-ひずみ関係

／中央試験所 防耐火グループ 主任 山下 平祐

中央試験所 防耐火グループ 宍倉 大樹

p13

基礎講座

熱の基礎講座

第3回 省エネルギーの基本 ①断熱編

／中央試験所 環境グループ 統括リーダー代理 萩原 伸治

p16

業務報告

第10回アジア・オセアニア国際火災科学技術シンポジウム参加報告

／中央試験所 防耐火グループ 宍倉 大樹

p18

試験報告

組立式木造水平トラスの曲げ試験

／西日本試験所 試験課 小森谷 誠

p22

連載

建築に学ぶ先人の知恵

世界の伝統的建築構法

第4回カルパチア山脈周辺の木造教会と校倉民家

／芝浦工業大学 教授 南 一誠

p28

規格基準紹介

JIS A 1412-1 [熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法

- 第1部: 保護熱板法(GHP法)]の改正について

- 改正原案作成委員会の審議・検討概要報告 -

／経営企画部 企画課 主幹 田坂 太一

p33

建材試験センターニュース

p36

あとがき・編集たより

巻頭言

これからのまちづくりにむけて

一般社団法人 再開発コーディネーター協会 専務理事 春川 真一



再開発コーディネーター協会は、昨年、設立30周年を迎えました。協会設立当時の既成市街地においては、良質な住宅や公共施設の整備が不十分で、民間活力の活用により市街地環境の改善と都市機能の更新を図ることが重要な課題となっていました。その後、大都市や地方都市で様々な再開発が推進され、災害に強く賑わいのある都市空間が創出されてきたところです。

しかしながら、最近では少子高齢化や地球温暖化への抜本的対応などの課題が顕在化しています。特に大都市では国際競争力強化にむけた都市機能の高度化が求められ、地方都市では中心市街地活性化にむけた集約型都市への転換が課題となっています。これらの課題の解決手段の一つとして、都市の再開発を推進していくことが従来にも増して重要になっていると思います。

この再開発を推進するためには、多数の関係権利者の合意形成と公共施設管理者や事業協力者との計画調整が必要となります。この調整役を担うのが再開発コーディネーター、すなわち再開発に関する専門的な知識と実務的な経験をもつ専門家達です。当協会では、設立以来、これら専門家の専門知識や実務能力を高め、業務契約ルールを整備するなどの活動を行うとともに、資格制度の運営や研修会の開催などを通して再開発に携わる有能な人材の育成に努めてきたところです。

まちづくりにとって重要なのは、活気あるまちの創造を目指す地元地権者の熱意は勿論のこと、その実現をサポートする行政担当官や再開発コーディネーターの誠意と事業推進者のチームワークだと思います。当協会の会員は、主にコンサルタント業、総合建設業、不動産業の3業種により構成されています。これら3分野の会員相互の協力関係は良好で、各地の再開発プロジェクト現場においても、魅力あるまちづくりという共通の目標に向かって連帯感をもって取り組んでいます。

協会といたしましても、会員相互の切磋琢磨と情報共有を図り、再開発技術の研究や若手専門家の養成に努めることにより、これからのまちづくりに少しでも貢献できればと考えています。今後とも、当協会の活動に対しまして皆様のご理解とご支援をよろしくお願いいたします。

膜構造建築物に用いるETFEフィルムの防火性能



太陽工業株式会社 齊藤 嘉仁

1. はじめに

『膜構造』は0.5mm～1mm程度の厚さの膜材料を鉄骨造の骨組みやケーブル材料に張ることによって成り立つ建築物の構造方法の一つである。膜材料の持つ透光性や柔軟性によって、明るく自由な形態の建築物を創造できることが大きな特徴である(写真1)。

膜構造は、長らく建築物としては特殊な構造方法として位置付けられてきた。旧建築基準法第38条の個別認定により建設された東京ドームが完成したその年(昭和62年)に、同じく旧法第38条に基づき『特定膜構造建築物技術基準』が定められた。このことによって、それ以前の個別認定と比較して格段に法令上の手続きが簡素化され、多くの膜構造による公共施設や体育施設などが建設されてきた。

そして、平成12年の法第38条の廃止によって、膜構造に関する現状の材料、構造および防火の法令が整備された。膜構造建築物の構造方法の基準である平成14年国土交通省告示第666号の制定¹⁾から13年が経過するなかで、旧基準からの移行認定や技術的検証などを経て、各種基準が数度にわたり小さな範囲で改正されている(図1)。

平成26年には、膜構造用フィルムが法第37条にもとづく指定材料に加えられた(国交告第1446号)。このフィルムは、海外において2000年頃からサッカースタジアムなどに使用されつつあるもので、その透明性や演出性において新たな需要が生じている材料で、時代の要求に合わせた改正といえる。本稿では、その代表的な材料のETFEフィルム(エチレン・テトラフルオロエチレン共重合樹脂)を交えて膜材料の防火性能に関して報告する。

2. 膜材料の種別と特徴

膜材料は、建築物の用途や性能によって種別が選定される。構造材と仕上げ材を兼ねる膜材料は、構造としての基布と保護材としてのコーティングによって構成される(図2)。A種膜材料(四フッ化エチレン樹脂コーティングガラス繊維布)は、その耐久性や不燃性、防汚性などの理由から恒久建築用として用いられる。C種膜材料(塩化ビニル樹脂コー



写真1 代表的な膜構造建築物
(東京駅八重洲口グランルーフ)

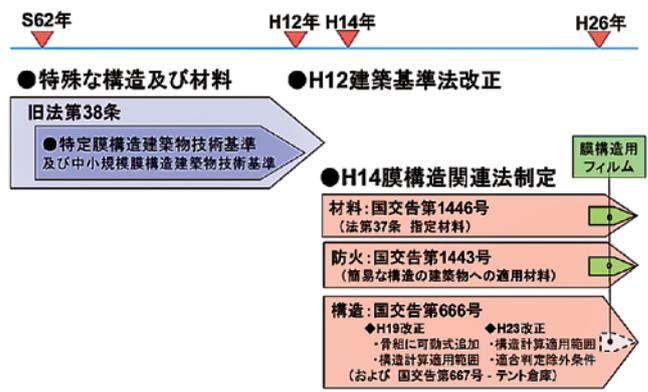


図1 膜構造の法制化の変遷

ティングポリエステル繊維布)は、長期の耐久性を必要としない建築物や仮設建築物に用いられる。着色が自由であることや低コストであることのほか、折りたたむなどの特殊な条件での使用にも用いられる。また、B種膜材料(塩化ビニル樹脂コーティングガラス繊維布)は、耐久性や強度の面でA種とC種の間中間的な膜材料であるが、不燃材料または準不燃材料であることから、近年採用されるケースが増えている(表1)。

一方、基布とコーティングという材料構成によらない膜構造用フィルムは、平成26年の告示改正により指定建築材料となり、従来の膜材料同様の法37条に基づく大臣認定を取得しているが、構造方法の基準は策定中であり、まだ表1に示される規定などは定まっていない。従来の膜材料のような基布を持たないことで、強度や伸びといった基本的な特性が大きく異なることから、構造方法の基準にも特有の規定が設けられることになると考えられる。

3. 膜構造と膜材料の性能

建築基準法において、膜構造は、膜材料に張力を導入し、構造耐力上主要な部分である屋根又は壁を構成するものとされている。初期張力(膜材料に常時作用している張力)が必要である点や外力を受けた際に引張力のみで抵抗する特殊な構造であることなどから、膜材料には固有の品質基準が設けられている²⁾。

膜材料は、その種類によって設定される初期張力が異なることから、それを支える骨組みや取り付けの方法もそれに合わせる必要がある。初期張力の小さいC種膜材料とB種膜材料の場合は、合成繊維ロープを用いたレーシング(膜材料の周囲にハトメを設け、それにロープを通し骨組みに取り付ける方法)が一般的に用いられるのに対し、初期張力の大きいA種膜材料では、膜材料をボルトとアルミ板などを用いて骨組みに取り付ける方法が用いられる。また、建築物としての耐久性、耐候性も膜材料の種類によって大きく異なるものとなる。

4. 膜材料の防火性能

膜材料は0.5～1.0mm程度(テント倉庫用は0.45mm以上、構造用フィルムは0.1mm以上)という薄さ、全ての材料が

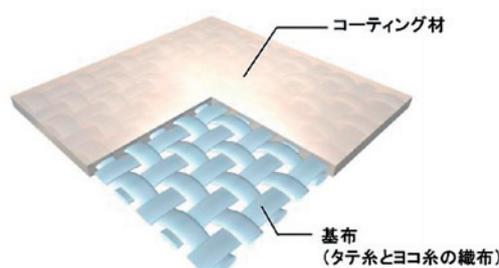


図2 膜材料の構成

表1 膜材料の種類別

国土交通省告示666号による分類(旧法による分類)	基布の繊維系	コーティング材	特徴
第二二の表(一)(A種膜材料)	ガラス繊維系(3.3 μ m～4.05 μ m)	四フッ化エチレン樹脂等	不燃材料、恒久性、防汚性、透光性
第二二の表(二)(B種膜材料)	ガラス繊維系	塩化ビニル樹脂(PVC)等	不燃/準不燃性、準恒久性、着色
第二二の表(三)(C種膜材料)およびテント倉庫用膜材料(667号)	ポリエステル等の合成繊維系	塩化ビニル樹脂(PVC)等	低コスト、着色性、耐屈曲性

表2 膜材料の現行法への移行

膜材料	新たな認定	不燃材料 法第2条 第九号	準不燃材料 令第1条 第五号	飛び火性能 (防火・準防火地域の屋根)		飛び火性能	
				令第136条の2の2		令第109条の6 (旧令第109条の5)	
				第一号	第一号、第二号	第一号	第一号、第二号
A種膜材		○					
B種膜材	コーティング材質量 890g/m ² 未満		○				○
	コーティング材質量 890g/m ² 以上						○
C種膜材						○	
テント 倉庫用	ガラス繊維基布						○
	ポリエステル繊維基布					○	
屋根内膜用(C種又はテント倉庫用膜材と組み合わせて使用)							○

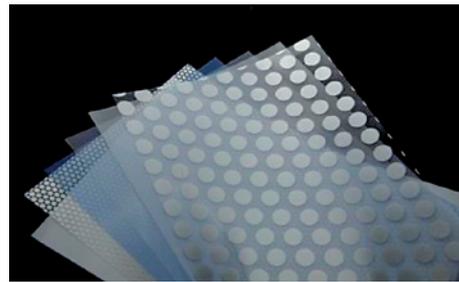
可燃性樹脂を用いることなどから、十分な防火性能を有しているものではない。建築物への適用に際しては、さまざまな制限があるため、十分な注意が必要となる。現在、膜構造に使用されている膜材料の多くは、前述の法改正(旧法38条の削除)以前から製造されているものである。このため、これらの膜材料は現行法への移行措置として、表2に示す防火性能が付与されている。

また、移行認定後に開発されたB種膜材料は不燃材料の認定を取得しているものもあり、膜材料選択の幅が広がっている。

5. ETFE フィルムの特徴と事例

膜構造用フィルムとして使用されるETFEフィルムの特長は、フッ素樹脂系の中でも透明性が高く紫外線や赤外線を透過するために、その透明性を活かすために基布をもたない単素材の構造材構成にある(写真2)。そのために、天然芝の育成や植物園などの利用に適しているが、UVカットや着色、印刷などの付加機能や光の演出など様々な発展性が考えられる(写真3, 表3)。

建築材料としては、耐久性や破断時伸び(400%程度)の大きさは、安全性のメリットであるものの、材料強度はA種膜材料の1/5程度の強度しかないために、構造的な抵抗システムに、テンション方式とクッション方式で使い分けられている(図3)。クッション方式は、空気の内圧による初期サグにより発生応力を低減させ、支持スパンを広げる効果以外に、空気層による断熱効果を得ることにも寄与する。



- フィルムの厚さ 100から500 μ m
- フィルムの種類 透明、梨地、着色、印刷など

写真2 ETFE フィルムの種類



写真3 ETFE フィルム事例(ユニクロ心斎橋店^{*1})

6. ETFE フィルムの防火性能

ETFEフィルムは、海外では様々な建築物への適用実績がある。今回は日本国内での使用を念頭に置き、ETFEフィルム並びにETFEフィルムを用いた屋根の防火性能を確認するために実施した試験³⁾の結果を示す。

1) 屋根飛び火試験

① 試験方法

ETFEフィルムを用いた屋根が法第63条及び令第136条の2の2第一号に適合する性能を有していることを確認するために、性能評価試験⁴⁾((一財)建材試験センター「防火性能試験・評価業務方法書」)にもとづき実施した。

ETFEフィルムの構造形式に従って、クッション方式とテンション方式(プリント1枚)の両方を行なった。クッション方式については、今後想定される2層クッションによる断熱性向上など備えて、使用する材料の有機質量が最大となる仕様(前面に塗装を施したETFE3枚)で行った。

② 試験体

試験体数はクッション方式とテンション方式の各2体とした(図4は、クッション方式を示す)。

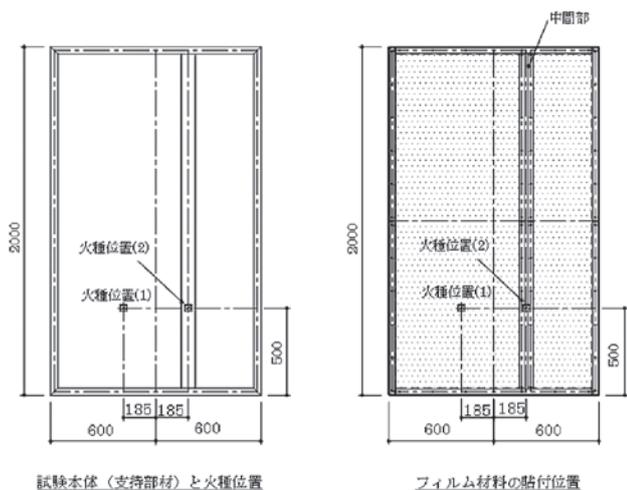
表3 ETFE フィルムの特性

特性		構成単位	ETFEフィルム (エチレン・テトラフルオロ エチレン共重合体)
物理特性	融点	℃	260
	密度	g/cm ³	1.75
	光線透過率	%	89
機械特性	引張破断強度	N/mm ²	38-42
	引張破断伸び	%	300-400
	引張弾性率	N/mm ²	700-850
	動摩擦係数	0.69MPa, 3m/min	0.4
化学特性	耐薬品性	酸、アルカリ、 有機溶剤	優
その他	吸水率	% (24hrs)	0.03
	燃焼性	UL94	VTM-0
	限界酸素指数	—	32

方式	テンション方式	クッション方式
概要		
荷重抵抗メカニズム		
支持スパン例 (外荷重1.5kN/m ² , 250 μ m, 14MPa弾性範囲検定の場合)	1.6m程度	2.8m程度 ^{注)} (サグ/スパン比: 0.15の場合)

注)クッション方式は、荷重と設計クライテリアの考え方によって、弾性範囲をこえる領域の使用もあります。

図3 ETFE フィルムの構造方式



試験本体（支持部材）と火種位置

フィルム材料の貼付位置

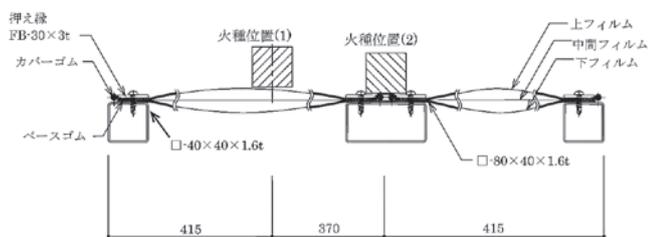


図4 飛び火試験 試験体図(クッション方式)

③ 試験条件

屋根面傾斜角度は、15°および30°とし、クリブのサイズは80mm×80mm×80mmとした。

④ 試験結果

試験の結果、火種が屋根ふき材を貫通する（屋内に達する防火上有害な溶融、き裂その他の損傷あり）が、火炎の拡大はしない（防火上有害な発炎をしない）ことが確認され、大臣認定を取得した（写真4、写真5および表4）。

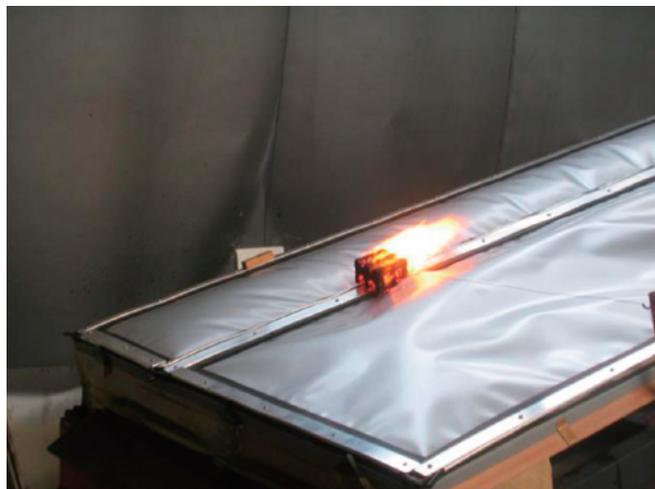


写真4 飛び火試験(ETFEクッション方式)



写真5 飛び火試験 試験終了後

表4 飛び火試験結果

試験体	クッション方式		テンション方式	
	A1, A2	A1, A2	A1, A2	A1, A2
傾斜角度	15°	30°	15°	30°
試験体の燃焼による火炎拡大	なし	なし	なし	なし
判定	合格	合格	合格	合格

2) 発熱性試験(コーンカロリメーター法)

① 試験方法および試験体

上述の試験と同様に、テンション方式とクッション方式を考慮し、フィルム枚数を1枚と3枚（厚みはすべて1枚あたり200μm）として、ISO 5660に基づく発熱性試験（コーンカロリメーター法）を実施した（写真6）。

② 試験結果

総発熱量および最大発熱速度は、1枚の平均値で2.3MJ/m²、79.9kW/m²、そして3枚の平均値は5.1MJ/m²、158.6MJ/m²であった（表5）。

③ 考察

ETFEフィルムは総発熱量が小さいものの、基布をもたない樹脂のみの構成であり、法に規定される不燃材料、準不燃材料および難燃材料とはならない。他には総発熱量と最大発熱速度の関係を図5に示すとおり、1枚と3枚の場合で概ね比例する関係であることが確認された。

6. まとめ

膜構造に用いられる膜材料、および新たに加わった膜構造用フィルムを紹介するとともに防火性能について報告した。構造やデザイン以外に機能や演出効果も期待できる素材であるために、用途に対する多様性も予想され、フッ素樹脂であるために燃え拡がらないものの、燃え抜けてしまう性能を適切に使用するためにも、本稿が参考とされることを期待している。

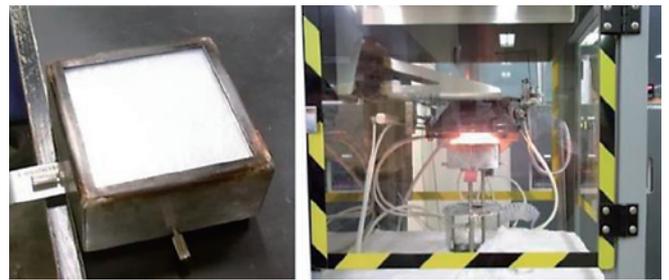
近年においては、マテリアルリサイクルが可能なオレフィン系樹脂やカーボンニュートラル素材(育成過程で二酸化炭素吸収し、環境負荷が小さい)としてのケナフ繊維糸による膜材などが実用化している。これらは環境に配慮した材料開発の途中段階であり、更なる新しい材料の開発の折には、防火性能や材料性能などに関する検証や評価において貴財団との技術のつながりが必要である。

※1) ETFEフィルム事例：ユニクロ心斎橋店

発注者：ソクラテス特定目的会社、プロジェクトマネージャー：平和不動産、テナント：ユニクロ、内外装デザイン：藤本壮介建築設計事務所、基本設計・設計監理監修：日建設計、実施設計・監理：大林組大阪本店一級建築士事務所、施工：大林組、照明コンサルタント：シリウスライティングオフィス、LED照明器具・制御：三菱電機オスラムトラクソン

【参考文献】

- 1) 膜構造の建築物・膜材料等の技術基準及び同解説、同基準及び同解説編集委員会編、2003
- 2) 膜材料の品質及び性能試験方法、(社)日本膜構造協会、2003
- 3) 齊藤嘉仁, 親川昭彦: 膜構造用フィルムにおけるETFEフィルムの防火性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.175-176, 2015.9
- 4) (一財) 建材試験センター: 防耐火性能試験・評価業務方法書, 4.10 不燃性能および4.13屋根葺き材の飛び火試験・評価方法, 2012



試験サンプル(試験前) 試験中
写真6 発熱性試験状況

表5 発熱性試験結果

フィルム枚数	試験体厚さ(μm)	記号	総発熱量(MJ/m ²)	最大発熱速度(kW/m ²)
1枚	200	A1	2.1	79.9 (平均)
		A2	2.1	
		A3	2.8	
3枚	600	A4	5.1	158.6 (平均)
		A5	5.2	
		A6	5	

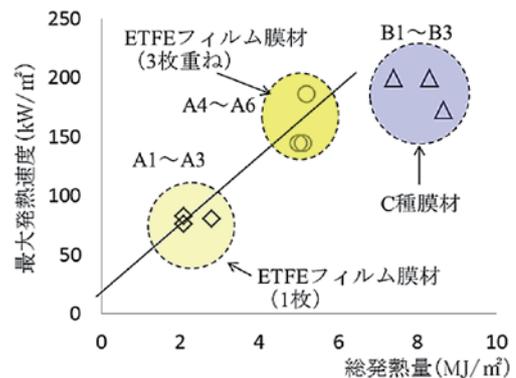


図5 最大発熱量と最大発熱速度の関係

プロフィール

齊藤 嘉仁(さいとう・よしひと)

太陽工業株式会社 設計本部 設計企画室

最近の研究テーマ: 膜構造の品質管理および維持管理, 膜構造用フィルムの研究など

コンクリートの高温時力学的特性に及ぼす養生条件と水セメント比の影響

その1. 応力-ひずみ関係

山下 平祐, 宍倉 大樹

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造部材の耐火性を検討する際には、高温時におけるコンクリートの応力-ひずみ関係や圧縮応力下で加熱された際に生じる熱ひずみなどの力学的特性が必要となる。コンクリートの高温時応力-ひずみ関係については、試験体の養生条件や水セメント比が高温時における強度の残存率に影響することが報告されている^(例えば1), 2)。ただし、国内における研究の多くは設計基準強度が60N/mm²を超えるような高強度コンクリートを対象としている。そのため、水セメント比が40%以上のコンクリートを対象として、高温時応力-ひずみ関係に及ぼす水セメント比の影響について検討した研究は少なく²⁾⁻⁴⁾、養生条件の影響について検討したものはない。

以上より本研究では、水セメント比が40%～65%の、養生条件が異なるコンクリート試験体について定常温度圧縮実験を行い、コンクリート中の水分がその応力-ひずみ関係に及ぼす影響について考察する。

2. 実験概要

(1) 実験条件

表1に実験条件を示す。水セメント比の条件は、65%、50%、40%の3水準とした。養生条件は、気中養生、105℃での事前乾燥、封かん養生の3種類とした。ただし、封かん養生は水セメント比65%の試験体のみで実施した。実験温度は100℃から800℃まで100℃毎に設定し、常温での実験も実施した。

(2) 試験体

試験体の寸法は、電気炉を用いて加熱する際に内部温度が均一になり、かつ直径が粗骨材の最大寸法の3倍以上となるように考慮し、直径75mm、高さ150mmとした。試験体の使用材料を表2、調合条件を表3、各試験体の養生工程を図1に示す。実験は材齢205日から順次開始し、材齢464日で全ての実験が終了した。実験時の試験体の含水率を以下に示す：65A=2.3%、50A=2.8%、40A=3.3%、65W=6.4%。

(3) 実験方法

実験装置の外観を図2に示す。試験体の加熱は電気炉で行い、試験体への载荷は油圧ジャッキで行った。実験中に生じる試験体の変形は試験体の上下に設置された変位計で測定した。実験中の試験体温度を測定するため、試験体の表面から深さ6mmの位置にK熱電対を6点埋め込んだ。測定位置を図3に示す。加熱中の試験体温度の制御は図3の測定位置①と②で行い、記録は③～⑥で行った。試験体の加熱速度は1.5℃/分とし、制御温度が設定温度に到達した後、試験体

表1 実験条件

水セメント比	養生条件(試験体名)	設定温度(試験実施数)
65%	気中養生(65A)	常温(5体) 100℃, 200℃(1体) 300℃, 400℃(1体) 500℃, 600℃(1体) 700℃, 800℃(1体)
	事前乾燥(65D)	
	封かん養生(65S)	
50%	気中養生(50A)	
	事前乾燥(50D)	
40%	気中養生(40A)	
	事前乾燥(40D)	

表2 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 密度: 3.16 g/cm ³
粗骨材	東京都青梅市産砕石(硬質砂岩) 表乾密度: 2.65g/cm ³ , 吸水率: 0.60% 最大寸法: 20mm, 実積率: 63.5%
細骨材	静岡県掛川市産陸砂 表乾密度: 2.58g/cm ³ , 吸水率: 1.91%
化学混和剤	AE減水剤

表3 試験体調合およびフレッシュコンクリート試験結果

水セメント比	調合					フレッシュコンクリート試験結果		
	細骨材率	単位量(kg/m ³)				使用混和剤	スランプ	空気量
		水	セメント	細骨材	粗骨材			
(%)	(%)					(Cx%)	(cm)	(%)
65	47	176	271	841	973	0.25	19.5	4.8
50	45	176	352	777	973	0.25	19.5	4.8
40	42.6	176	440	704	973	0.25	18.0	4.9

温度（測定位置③～⑥）の平均が設定温度に近づくように電気炉の出力の調整を90分間行った。試験体の加熱および温度調整は無載荷の状態で行った。90分間の温度調整後、9.8kN/分の速度で載荷を行い、試験体が破壊するまで載荷荷重と試験体の上・下端部間の鉛直相対変位を測定した。各実験で測定した試験体温度の平均と時間の関係を図4に示す。

実験時の試験体重量減少の傾向を把握するため、‘実験前’および‘実験終了後に炉内で自然冷却した後’の試験体重量を測定した。以下、式(1)で算出した値を実験時の重量変化率とする。

$$R_{test} = (W_{before} - W_{after}) / W_{before} \times 100 \quad \dots (1)$$

R_{test} : 実験時の重量変化率 (%)
 W_{before} : 実験開始前の重量 (g)
 W_{after} : 実験終了後に炉内で自然冷却した後の重量 (g)

3. 応力-ひずみ関係

図5に実験から得られた高温時の応力-ひずみ曲線を示す。水セメント比40%の試験体では、設定温度100～400℃の実験で破壊時に大きな破裂音を伴った。応力-ひずみ曲線も直線的な勾配を保ったまま破壊に至る実験が多かった。一方、水セメント比が50%、65%の試験体は、圧縮強度到達後もひずみの増加に伴う強度の低下を計測できた実験が多かった。圧縮強度到達時に試験体が破壊する理由は載荷フレームの剛性が比較的小さいためである。しかし、水セメント比が大きいコンクリートのように圧縮強度到達後の応力低下勾配が緩やかである場合は、強度の低下を計測できたと考えられる。設定温度が500℃以上になると、全ての実験において加力時に試験体から亀裂音が発生し、応力-ひずみ曲線は全体的に緩やかな勾配を描いた。これらの応力-ひずみ関係に基づき、以降では、高温時の圧縮強度・弾性係数・圧縮強度時ひずみについて述べる。

4. 圧縮強度

(1) 養生条件の影響

圧縮強度の測定結果を図6に示す。常温時圧縮強度は5体の結果から最大・最小値を除いたデータの平均値である。100℃において、気乾試験体および封かん試験体の圧縮強度は低下する一方、絶乾試験体の圧縮強度は常温時からほとんど変化しなかった。また、200℃と300℃において、気乾試験体の圧縮強度は大きく回復する一方、絶乾試験体と封かん試験体の圧縮強度は殆ど変化しなかった。400℃になると気乾試験体と絶乾試験体の強度差は小さくなり、700℃で全ての

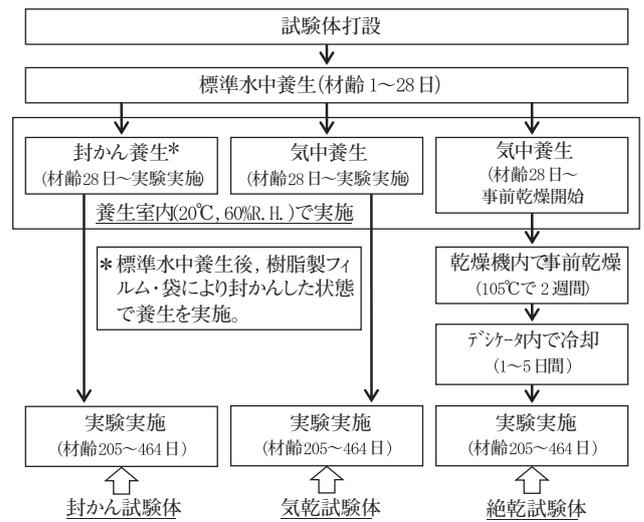


図1 試験体の養生工程

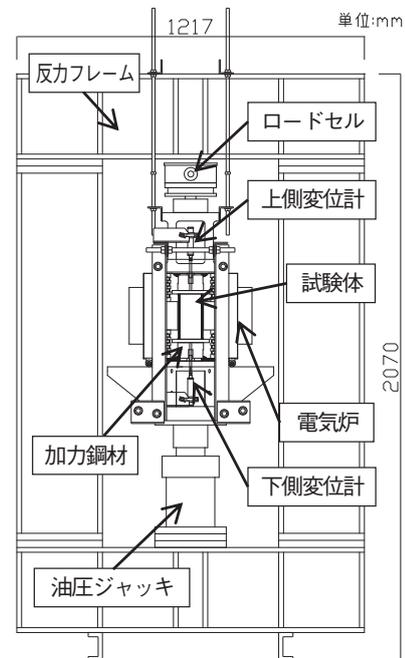


図2 実験装置の外観

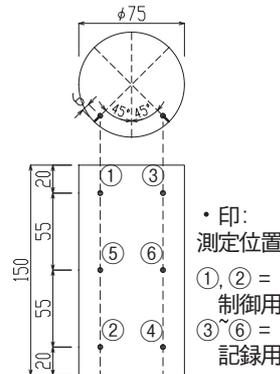


図3 試験体温度測定位置

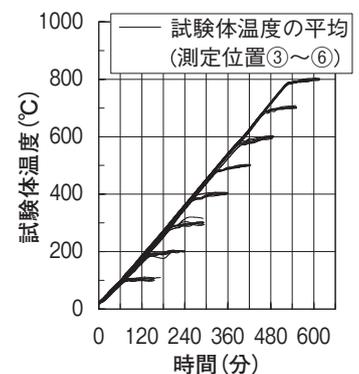


図4 試験体温度測定結果

試験体の圧縮強度はほぼ同じになった。

図7に実験時の重量変化率と温度の関係および各試験体の含水率を示す。100℃では、気乾試験体と封かん試験体の重量変化率が含水率に達していないことから、コンクリート

中の水分の蒸発が活発に行われている状態で実験が行われたと推測される。水分の蒸発によってセメント水和物は収縮する一方、骨材は温度上昇に伴い膨張する。そのため、コンクリート内部には自己ひずみ応力が発生し、微細ひび割れが

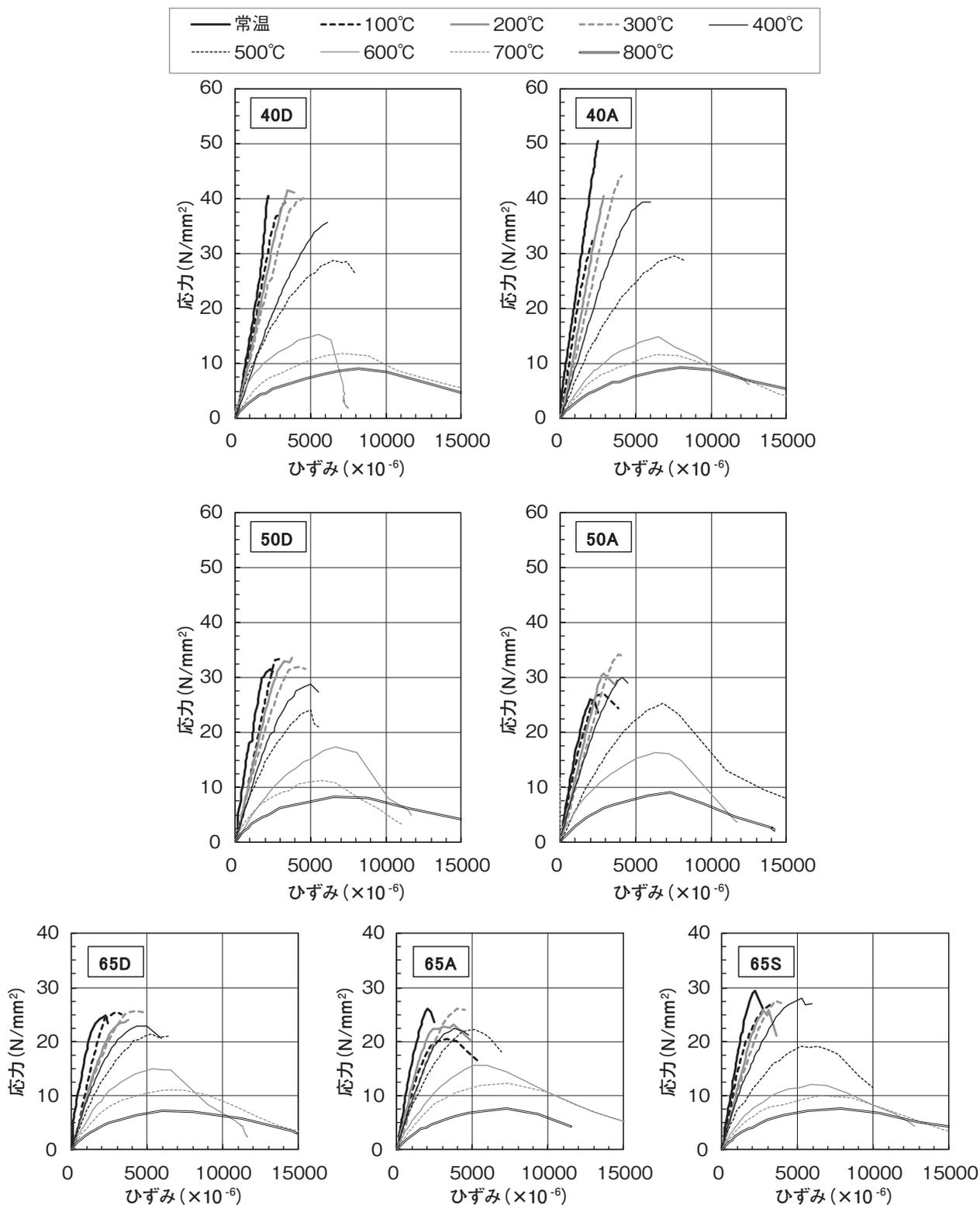


図5 応力-ひずみ曲線

生じると考えられている²⁾⁻⁴⁾。これに加えて、蒸発によって水分がセメントゲル内を移動することで、ゲル粒子間表面力が低下するため、気乾試験体と封かん試験体の強度は低下したと考えられる。一方、さらに温度が上昇すると水分の蒸発が落ち着くと共に、試験体から発生した高温蒸気が未水和セメント粒子の水和を促進させる²⁾⁻⁴⁾。これにより、気乾試験体の圧縮強度は200℃と300℃において大きく回復したと考えられる。封かん試験体の場合、発生する高温蒸気は気乾試験体よりも多いが、200℃と300℃で強度の回復は殆ど見られなかった。これは、封かん養生時に水和反応が促進され、強度回復に必要な未水和セメント粒子が気乾試験体よりも少なくなったためと推測される。絶乾試験体の場合、300℃までの重量減少が小さいことから、水分の蒸発による圧縮強度への影響は小さかったと推測される。

水セメント比ごとの常温時圧縮強度に対する高温時圧縮強度の割合（以下、強度残存率）を図8に示す。100℃では、圧縮強度の低下が生じない絶乾試験体の強度残存率が他の試験体よりも大きくなった。また、気乾試験体と封かん試験体を比較すると、封かん試験体の方が強度低下の要因となる水分の蒸発は多いにもかかわらず（図7参照）、強度残存率の低下は小さかった。また、400℃から500℃にかけて、封かん試験体の強度残存率の低下は気乾試験体よりも顕著であった。封かん試験体は、養生時に水和反応が促進されるため、水酸化カルシウムなどのセメント水和物量が気乾試験体よりも多く、約450℃で始まる水酸化カルシウムの分解⁵⁾の影響を受けやすい。このことが、400℃から500℃にかけて封かん試験体の強度残存率の低下が顕著になった要因と考えられる。

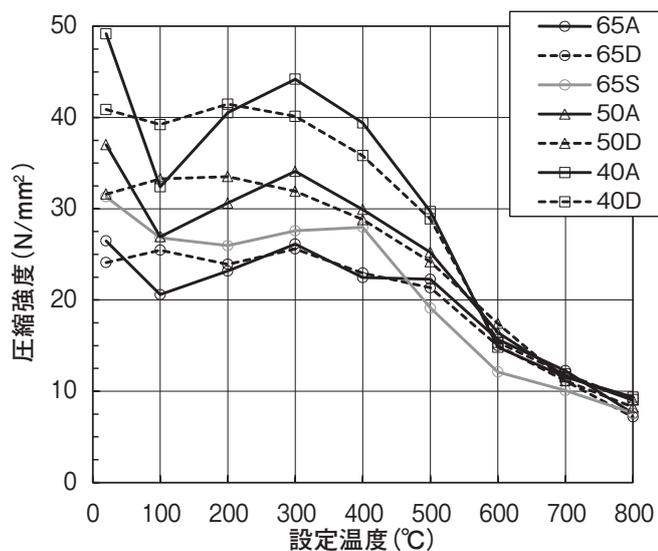


図6 圧縮強度

(2) 水セメント比の影響

図6に示した気乾試験体の圧縮強度を水セメント比ごとに比較すると、500℃までは水セメント比が小さい試験体ほど圧縮強度が大きくなった。一方、600℃以上では水セメント比による影響はほとんど見られなくなり、試験体の圧縮強度は全て同程度となった。また、絶乾試験体も気乾試験体と同様な傾向を示した。

気乾試験体と絶乾試験体の強度残存率を図9に示す。水セメント比が強度残存率に及ぼす影響は、気乾試験体、絶乾試験体共に400℃から600℃にかけて顕著に現れ、水セメント比が小さい試験体ほど強度残存率は小さくなった。これは、水セメント比が小さく、より緻密で多くのセメント水和物を有する試験体ほど、水酸化カルシウムやけい酸カルシウム水和物(C-S-H)といったセメント水和物の分解⁵⁾の影響を受けやすいためと考えられる。そして、セメント水和物の分解の進行に伴い、コンクリートの圧縮強度を決定するセメント水和物の緻密さが損なわれるため、600℃以上で水セメント比による影響が見られなくなると考えられる。

本研究の強度残存率を、既報⁶⁾で報告した高強度コンクリート（水結合材比：18%、24%、35%、粗骨材：硬質砂岩）の結果と併せて図10に示す。水セメント比（水結合材比）間の強度残存率の差は、既報よりも本報の方が大きくなっている。このことから、高温時圧縮強度に及ぼす水セメント比の影響は、水結合材比35%以下の高強度コンクリートよりも水セメント比40～65%のコンクリートにおいて顕著に現れることが推測される。水セメント比が40%未満になると、調査中のセメント量を増やしても未水和セメント粒子が増えるばかりで、セメント水和物量は殆ど変わらない⁷⁾。そのため、

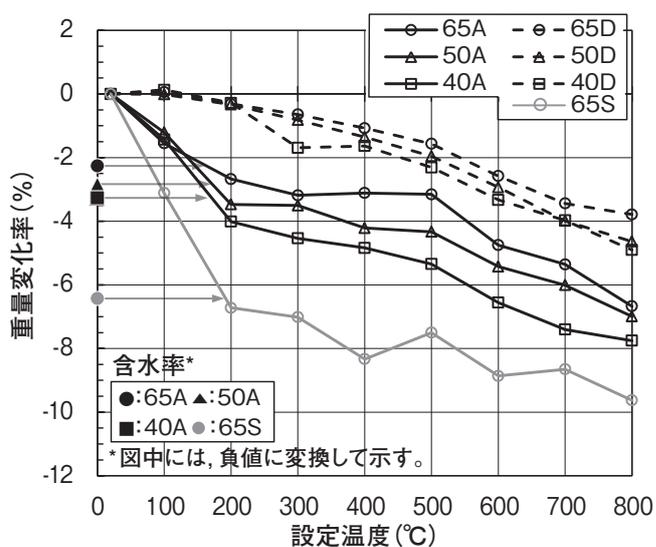


図7 実験時の重量変化率

各水セメント比の試験体が含有するセメント水和物量の違いは既報⁶⁾よりも本報の方が大きくなる。このことが、本報において水セメント比による影響が顕著に現れた原因と考えられる。

ト比が、弾性係数と圧縮強度時ひずみに及ぼす影響は明確に表れなかった。温度上昇に比例して、弾性係数は低下し、圧縮強度時ひずみは増加した。

5. 弾性係数および圧縮強度時ひずみ

弾性係数の測定結果を図11、圧縮強度時ひずみの測定結果を図12に示す。常温時の弾性係数および圧縮強度時ひずみは5体の結果から最大・最小値および測定不良値を除いたデータの平均値である。本報では、養生条件および水セメン

6. まとめ

本研究では、コンクリートの養生条件（気中養生、105℃での事前乾燥、封かん養生）および水セメント比（65%、50%、40%）が高温時応力-ひずみ関係に及ぼす影響を、定常温度圧縮実験によって検討した。本研究から得られた知見を以下にまとめる。

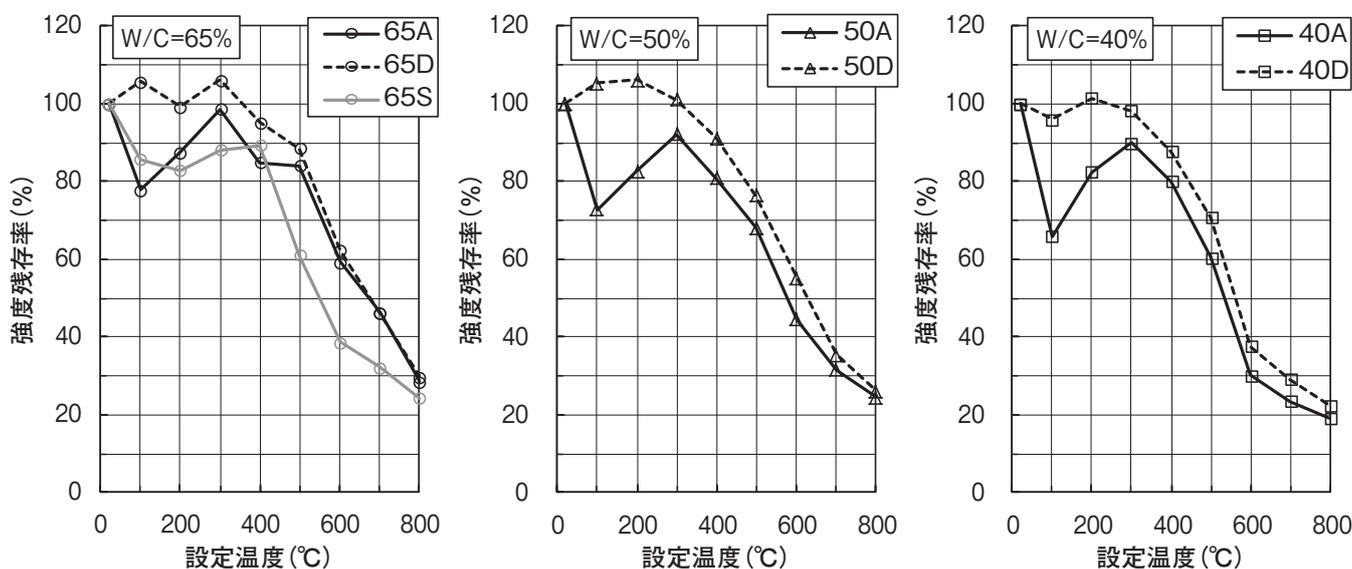


図8 水セメント比ごとの強度残存率

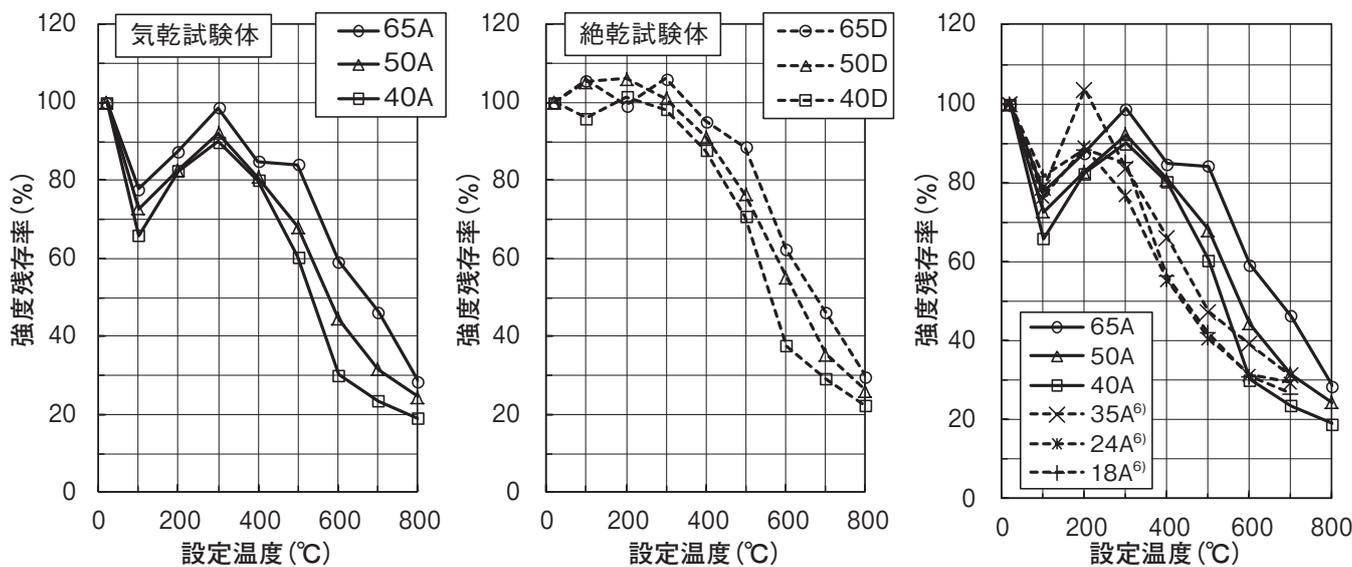


図9 養生条件ごとの強度残存率

図10 既報6) との強度残存率の比較

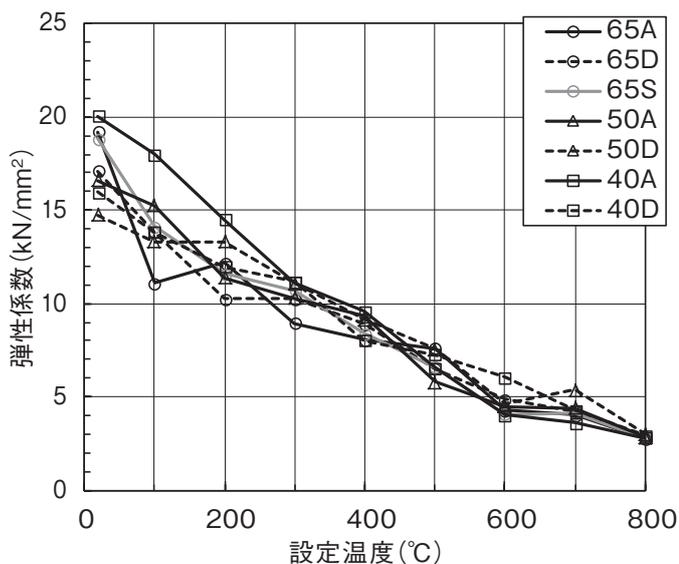


図11 弾性係数

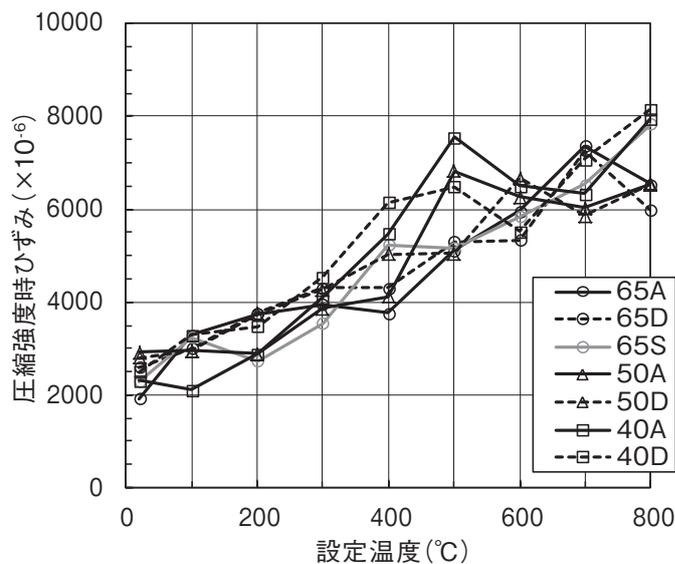


図12 圧縮強度時ひずみ

- (1) コンクリート中の水分の蒸発が高温時圧縮強度に及ぼす影響は、300℃以下の温度で明確に現れた。特に100℃において、気乾試験体の圧縮強度は低下したが、絶乾試験体の圧縮強度は常温時と同程度であった。また、水セメント比65%では封かん試験体の圧縮強度も低下した。
- (2) 封かん試験体(水セメント比65%)は、400℃から500℃にかけて強度低下が顕著であった。
- (3) 40%～65%の範囲の水セメント比が高温時圧縮強度に及ぼす影響は400℃から600℃にかけて顕著に現れ、水セメント比が小さいほど強度残存率が小さくなった。600℃以上の圧縮強度は、水セメント比によらず全て同程度であった。
- (4) 水セメント比が強度残存率に及ぼす影響は、既報⁶⁾の高強度コンクリート(水結合材比18%～35%)よりも、本報のコンクリート(水セメント比40%以上)において顕著に表れた。

次報(その2)では、圧縮応力下で加熱された際に生じる熱ひずみに及ぼす養生条件と水セメント比の影響について報告する。

【謝辞】

本研究における実験は、千葉大学 平島研究室(指導教官平島岳夫教授)にご協力をいただき行ったものです。ここに深く謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 右田周平, 平島岳夫, 前田孝一: 高強度コンクリートの高温時力学的特性に及ぼすポリプロピレン繊維および水分の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.1126-1131, 2012.1
- 2) 古村福次郎: 高温度におけるコンクリートの力学的性質に関する研究 その2, 日本建築学会論文報告集, 第173号, pp.17-24 1970.7
- 3) 安部武雄, 古村福次郎, 戸祭邦之, 黒羽健嗣, 小久保勲: 高温度における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第515号, pp.163-168, 1999.1
- 4) 一瀬賢一, 長尾覚博, 川口徹: 高温加熱状態における高強度コンクリートの力学的性質に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第557号, pp.23-28, 2002.7
- 5) U. シュナイダー著, 森永繁, 山崎庸行, 林章二訳: コンクリートの熱的性質, 技報堂, 1983.12
- 6) 豊田康二, 山下平祐, 石田良平, 近藤悟, 菊田繁美, 高橋孝二, 堀昭夫, 井上超, 松戸正士, 中込昭, 吉田正友, 平島岳夫, 上杉英樹: 火災加熱を受ける超高強度コンクリートの力学的特性に関する実験的研究, その1. 定常温度下における高温圧縮試験, 構造工學論文集, Vol49B, pp.367-374, 2003.3
- 7) A. M. Neville: Properties of Concrete, Person Education Limited, 2002

*執筆者

山下 平祐(やました・へいすけ)
中央試験所 防耐火グループ 主任
従事する業務: 構造部材の防耐火試験



宍倉 大樹(ししくら・だいき)
中央試験所 防耐火グループ
従事する業務: 構造部材の防耐火試験



熱の基礎講座

第3回 省エネルギーの基本 ①断熱編

1. はじめに

第1回は「快適性と省エネルギー」、第2回は「熱と温度」というテーマで述べました。今回は少し技術的な話を含めながら「断熱」について紹介したいと思います。

まず、断熱とは何か？日本工業規格（JIS）では、「システムからの熱移動を減少させるプロセス若しくはその機能を果たす製品、構成又はシステムを述べるために使われる総称。工業用では、単に保温と総称されることが多い¹⁾」と定義がされています。また、その性能を示す断熱性は、「常温における熱の貫流に対する抵抗の程度²⁾」と示されています。専門知識がないと、難しく何を言っているのか、理解できない内容になっています。一方、最近は「断熱」と似たような言葉として、「遮熱」という言葉を耳にする機会が増えているかと思えます。断熱と遮熱は、同じものなのか？何が違うのか？どちらも熱の移動を断つ・遮る、ということの意味しており、熱の移動を小さくする点では同じですが、建築の環境分野ではそれぞれ使い分けをしています。私たちの生活を事例に挙げて説明すると、冬にコートを着て暖かくする状態が「断熱」、夏に日傘をさして日差しを遮っている状態が「遮熱」、と考えていただくと理解しやすいと思います。これを建物に置き換えると、「断熱」は、冬の夜、外が寒いときに家の中を温かく保つ状態（壁や窓からの熱損失を小さくする状態）となります。一方、「遮熱」は、夏の昼、太陽が照りつけるときに日差しを遮る状態（窓から日差しが入ってこないように日除けをしている状態）となります。なお、断熱という行為でも遮熱（日除け）することができますが、ここではイメージしやすい例として、このような表記としております。

2. 断熱の重要性

では、建物を断熱することで何か良いことが生じるのか？と考えると、使い方を間違わなければ様々な点におい

表1 断熱のメリットと注意する点

メリット	居住者や所有者に対して ・室内環境の快適性の向上 ・冷暖房エネルギーの節約（省エネルギー） ・結露の抑制 ・カビなどの発生を抑制 ・建物の耐久性を向上 ・税制面の優遇措置を受けることができる 公的なメリット ・地球温暖化への寄与 ・CO ² 排出の抑制 ・冷暖房エネルギーの節約（省エネルギー）
注意する点	・建設時における初期投資が増加することがある ・使い方を間違った場合 結露の発生 カビの発生⇒健康被害 木材の腐朽⇒構造耐力の低下 冷暖房など消費電力の増加

て良いことがあります（表1）。

省エネルギーに関しては、第1回の「快適性と省エネルギー」において触れていますので、ご参照いただければと思います。海外では、日本の建築基準法のような基準の中で、安全・健康を確保することを前提としている国もあり、その安全・健康の確保の中には「断熱性能」も含まれているようです。断熱は、省エネルギーという観点で着目されておりますが、所有者および公的な面においても様々なメリットをもたらす重要なものといえます。

3. 断熱の指標

「熱」は目に見えないため、熱が壁を伝わっている状態や移動している状態を理解するのは難しいものです。そこで、図1のような絵をイメージして考えていただくと少し理解しやすくなるかと思えます。この時、

水⇒熱（熱量）

水の深さ（水位）⇒室温（部屋の空気温度）

水を入れている蛇口⇒エアコンやヒーターなど暖房器具

水漏れ⇒外へ逃げる熱（壁からの熱損失、貫流熱）

という関係になります。

4. 断熱のはかり方

断熱性能の指標として、壁からの熱の逃げを「熱貫流率」で表現することはわかりましたが、ここでは「熱貫流率」のはかり方を紹介したいと思います。

再度、先程の水槽を例に挙げて説明すると、水槽の場合には穴から漏れてくる水をコップなどで量ることで穴から漏れる量を知ることができますが、壁から逃げる熱の場合、熱は目に見えず、また、熱をコップなどで量ることができないため、簡単に把握することはできません。

水槽の水位をある位置で一定に保持しようとした場合、水槽の穴から漏れている量と同じ量を蛇口から入れることで、水槽の中の水位を一定に保つことができます。このように、漏れる量と入れる量を同じに保つことができれば、水位は変化しません。ということは、水槽の水位を見て、その水位が一定になる状態が保持できるに蛇口から入れる水量を調整できれば、「入れた量 = 漏れた量」となり、入れた量を計測すれば、漏れた量を把握することができます。

壁などから逃げる熱も同様に、部屋の温度（水位）を一定に保持できるように暖房器具で部屋を暖め（水槽に水を入れ）、その時の消費電力（水量）を計測することで壁から逃げる熱を把握することができます。しかし、実際の建物で測定しようとした場合、天気や気温が時々刻々と変化するため、簡単には測定ができません。そこで、実際の壁を模擬した試験体を試験室に設置することで、先程の状態を作り出すことができ、壁などの部材からの熱の逃げ（断熱性能）を把握することができます。試験室で測定するときの概要を図2に示します。

低温室（室外側環境試験室）と高温室（室内側環境試験室）の2つの部屋の間に測定したい壁などの試験体を設置します。さらに、試験体の高温室側には、熱箱と呼ばれる箱を取

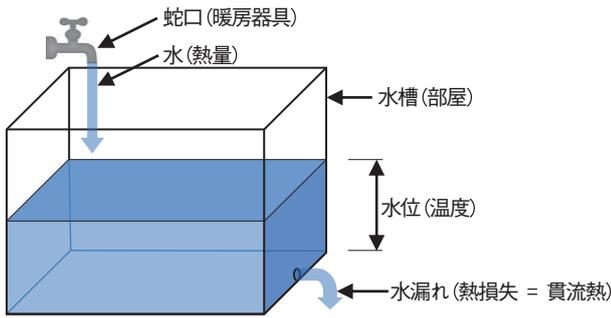


図1 熱の流れのイメージ図

蛇口を開けてたくさん水を入れると水位は高い位置まで上昇しますが、これを部屋に置き換えると、暖房器具の出力を大きくして部屋を暖かくしている状態と同じになります。蛇口を少しだけ開けて水を入れた場合には、水位は低い位置で停滞しますが、これは暖房器具の出力を小さくした状態と同じで、部屋の温度が低い状態になります。また、水槽に空いた穴が大きい場合には、水漏れが多くなるため蛇口から水を入れても水位はなかなか上昇しませんが、穴が小さければ水漏れが少ないため少しの水量で水位は高い位置まで上昇します。部屋の場合も同様に、壁からの熱の逃げの大・小が部屋の温度の高い・低いに影響を与え、暖房器具の消費電力に反映してきます。しかし、実際の建物の設計において、このような壁からの熱の逃げを「大きい」、「小さい」と表現しては曖昧で、適切な設計をすることができません。そこで、「熱貫流率」という指標を用いて、このような熱の逃げを表現します。熱貫流率は、部位や部材の断熱性能を表現する指標として使用され、省エネルギー基準においても使用される指標の一つです。

この熱貫流率とは、「固体壁の両面が流体に接するとき、単位面積の固体壁を通過して、単位温度差をもつ高温側流体から低温側流体へ単位時間に伝わる熱流量¹⁾」、または「建築物の壁のガラス窓において、室外側の周囲空気温度と室内側の周囲空気温度との差1K当たりの、1枚ガラスまたは、複層ガラスの中央部を貫流する熱流束³⁾」と定義されています。ちょっと難しい表現になっていますが、先ほどの水槽を例に挙げると、水槽の水位を1℃（または1 K）発生させるために蛇口から出している水の量、とイメージしていただくと、少し理解しやすいでしょうか。

なお、断熱性能を表現する指標には、熱伝導率、熱抵抗などがありますが、今回は一例として熱貫流率について、紹介したいと思います。

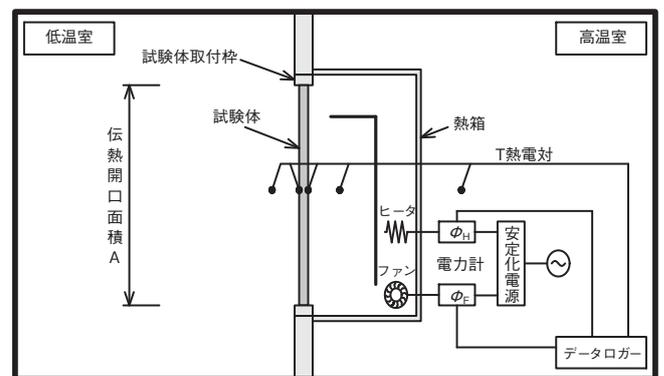


図2 試験室における断熱性試験の概要⁴⁾

り付け、小さな部屋のようなものをつくります。この熱箱の中にはファンとヒータが設置されており、箱の中を暖めることができます。つまり、この熱箱が、先ほど例に挙げた「水槽」になります。この断熱性の試験では、低温室を0℃、高温室を20℃の一定状態に設定します。このとき、熱箱(水槽)の中が20℃になるようにヒータを加熱します。高温室と熱箱がどちらも20℃となれば、温度(水位)が同じため、高温室と熱箱の間では熱の移動(水漏れ)は発生しません。従って、熱箱の中を20℃に暖めているヒータの熱は、低温室へ移動していることになり、熱箱を暖めている消費電力＝壁からの熱の逃げとなります。あとは、温度や消費電力などの測定値をJISの手順に従って計算処理することにより、壁の断熱性(熱貫流率)を求めることができます。

このような状態を実際の建物が建つ現場においても再現できれば、建物の断熱性能を把握することができるのですが、ちょっと現実的ではない内容となります。しかし、実際建物が建っている現場で断熱性能を測定する方法がないわけではなく、測定事例の報告はされています(例えば、文献^{5),6)})、測定が難しいため普及していない状況にあります。今後、省エネルギー化を図るため、既存建築物における断熱性能の改修も重要になってきます。そうなった場合、現場において断熱性能を測定する方法を整備しておく必要があります。現在、ISOにおいて現場における断熱性能の測定方法に関して整備しているところです^{7),8),9)})。なお、**図3**に現場における断熱性試験の概要を示しますが、現場測定に触れると長くなりますので、ここでは紹介程度にとどめさせていただき、また別の機会に説明させていただきたいと思っております。

5. おわりに

今回は、「断熱」に関して熱の流れと、断熱性能の指標の一つである「熱貫流率」を例に挙げ、そのはかり方について紹介させていただきました。本稿では、わかりやすく紹介するために少し意識して表現している部分があり、技術的に説明が不足している箇所がございます。必要に応じて、建材試験センターの書籍¹⁰⁾やJISなどと合わせてご参照いただくと幸いです。

今回は、省エネルギーの基本の第2弾を紹介します。

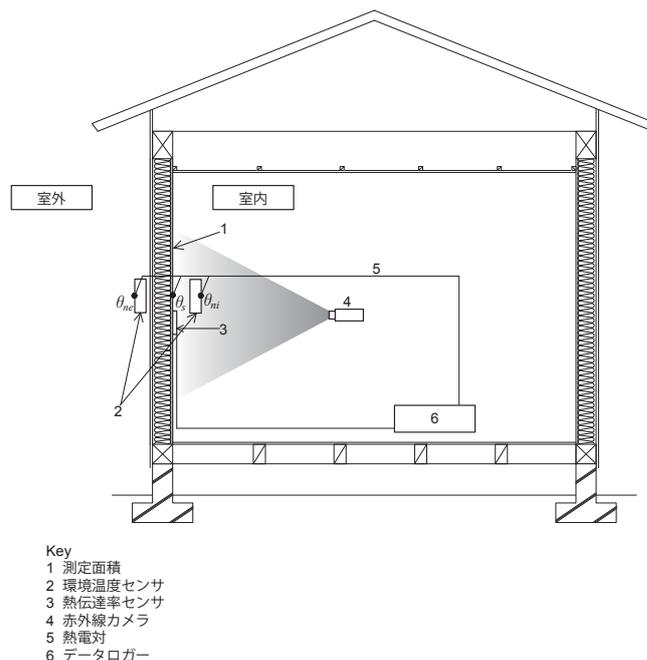


図3 現場における断熱性試験の概要⁸⁾

【参考文献】

- 1) JIS A 0202 (断熱用語)
- 2) JIS A 0030 (建築の部位別性能分類)
- 3) JIS R 3107 (板ガラス類の熱抵抗及び建築における熱貫流率の算定方法)
- 4) JIS A 1420 (建築用構成材の断熱性測定方法—校正熱箱法及び保護熱箱法)
- 5) 服部哲幸, 坂本雄三, 福田秀朗: 戸建住宅の熱損失係数に関する実用的現場実測法の開発と実測例, 日本建築学会技術報告集, Vol.14, No.28, pp.491-496, 2008
- 6) 萩原伸治, 黒木勝一, 加藤信介, 田坂太一: 現場における建物部位の断熱性測定法の検討, 日本建築学会学術講演梗概集, D-2, pp.137-138, 2012
- 7) ISO9869-1: Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance - Part 1: Heat flow meter method
- 8) ISO/AWI9869-2: Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance - Part 2: Infrared method
- 9) 佐竹円: 国際会議報告 ISO/TC163/SC1 カナダ・ヴィクトリア会議報告, 建材試験情報, 2015年12月
- 10) 建材試験センター: 建築材料・部材の試験評価技術, 彰国社, 2014

(文責: 中央試験所 環境グループ 統括リーダー代理

萩原 伸治)

業務報告

第10回 アジア・オセアニア国際 火災科学技術シンポジウム参加報告

防耐火グループ

1. はじめに

2015年10月5日～7日の3日間、茨城県つくば国際会議場にて第10回アジア・オセアニア国際火災科学技術シンポジウム (10th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology) が開かれ、筆者が参加したので報告する。

2. シンポジウム概要

このシンポジウムは1992年の第1回目の開催から約3年に1度開催され、過去には、中国、オーストラリアなどアジア・オセアニアの各地域で開催されてきた。

今回のシンポジウムでは、火災安全工学分野における22のテーマについて、総数93題の口頭発表、61題のポスター発表が行われた。参加者は、アジア・オセアニア地域からの参加をはじめ、北米、欧米諸国からの参加もあった。国内及び国外からの参加者の割合はおおよそ半々であったと推測される。

発表に先立って開会式が執り行われ(写真1)、式では国際火災安全科学学会 (IAFSS) 会長、アジア・オセアニア火災安全科学学会 (AOASFT) 会長を務められ、一昨年春にご逝去された故・平野敏右先生の追悼式が行われシンポジウム参加者による哀悼の意が捧げられた。

本シンポジウムのプログラム概要を表1に示す。

2.1 口頭発表

発表はメインホールを含む3会場で行われ(写真2)、口頭発表前には著名な研究者による招待講演 (Invited Lecture) も開催された。

近年、日本のみならずアジア諸外国でも超高層建築物が建てられているが、それらの火災時における避難計画などのシミュレーションに関する研究の発表が印象深かった。

森林大国ともいえる日本では、その木材の有効活用が注目され耐火分野における研究が活発であるが、国外でも同様に木材による研究が報告された。また今回の発表では、研究規



写真1 開会式の様子 (発表会場メインホール)

表1 プログラム概要 (口頭発表)

開催日	講演テーマ	講演数
10月5日	Fire Resistance	7
	Facade Fires	4
	Suppression	7
	Outdoor Fires	3
	Flame Characteristics	4
	Firefighting	4
10月6日	Solid Combustion Fundamentals	3
	Fire Source Model	7
	Material Flammability	7
	Tunnel Fires	4
	Fire Protection of High-rise Buildings	3
	Fire in Transportation Systems	3
10月7日	Flame Retardant	4
	Fire Safety Design	7
	Flashover	3
	Fires of Recyclable Fuels and Renewable Resources	3
	Smoke Control and Ventilation	4
	Measurement	4
	Egress Safety	4
Compartment Fire	4	
Electrical and Industrial Fires	4	

模として実大物実験による報告もあったものの、材料レベルでの特性を報告した発表が多くを占めていたように感じられた。

自然災害の観点では、東日本大震災による津波をテーマとした発表もあったが、国内のみならず国外参加者の関心はとも高かったように感じた。

火災という事象に対して、防火・排煙・消防・避難計画など様々な側面から火災に対してアプローチした研究発表を今回聴講して、視野を広げることが出来た。

2.2 ポスターセッション

口頭発表が行われた会場のロビーにてポスター形式での研究成果が掲示され、2日目夕刻に設けられた約1時間の質疑応答では様々な場所で意見交換が活発になされていた(写真3)。シンポジウム開催中全日を通して掲示されていたので、時間の許す限りじっくりと読ませていただいたものの、国際シンポジウムということで口頭発表、ポスターセッションともに英語での発表であり、図、グラフや写真を頼りに理解をしていくのが精一杯であった。そう感じたのと同時に、視覚で訴えるものの使い方(レイアウト)次第でいくらでも工夫が出来ることを改めて感じた。ポスター形式に限らず口頭発表(プレゼンテーション)にも言えることだが、今回のシンポジウム参加で火災という分野の知見を広げられたのはもちろんのこと、「伝え方」というのを1番大きく学んだ。

2.3 バンケットの開催

シンポジウム2日目の晩には、会場を移してバンケット(懇親会)が開かれた(写真4)。バンケットでは、国外出身の参加者への“おもてなし”として、茨城県筑波山の伝統芸能である「ガマの油売り口上」が披露され会場は大いに盛り上がった。また、地元つくば市で活動している合唱団による混声合唱が披露された。選曲では、シンポジウム参加者各出身国の歌も披露していただく計らいもあり、とても心地の良い懇親会となった。

3. おわりに

シンポジウム期間中、建材試験センターの事業紹介ポスターの展示とパンフレット配布の場を設けて頂き、日本語版のパンフレットではあったものの、多くの方々に手に取っていただいた。同時に、国際対応という観点から英語版のパンフレット、外国語での対応がスムーズにできるよう早急に対応していかなければいけないと感じた。

次回、第11回アジア・オセアニア国際火災科学技術シンポジウムは2018年の秋頃、台湾にて開催される予定である。今回のシンポジウム参加に留まらず、次回以降への参加を続けていきたいと感じた。



写真2 口頭発表の様子

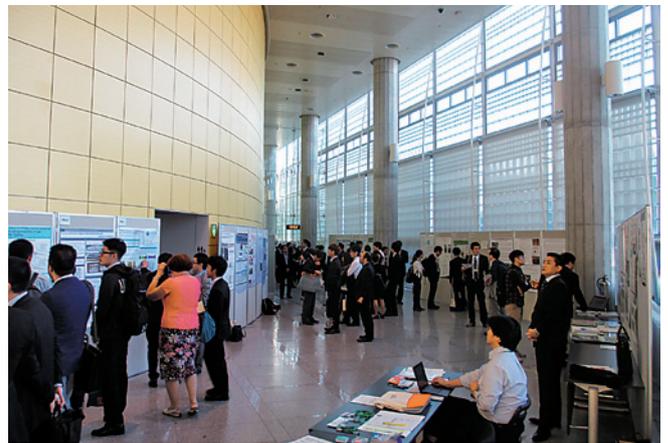


写真3 ポスターセッションの様子



写真4 バンケット(懇親会)の様子

* 執筆者

宍倉 大樹(ししくら・だいき)
中央試験所 防耐火グループ
従事する業務:
防耐火構造に関する試験



組立式木造水平トラスの曲げ試験

(発行番号：第 15 A 0298)

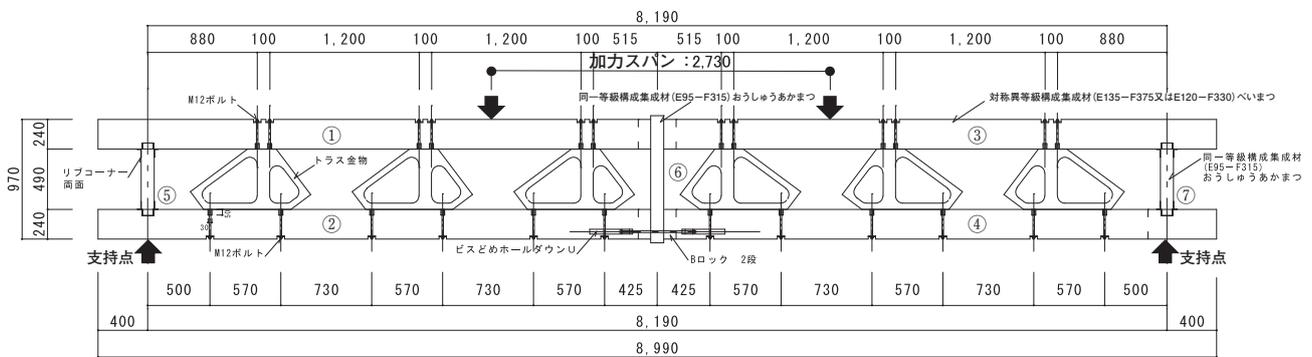
この欄で掲載する報告書は依頼者の了解を得たものです(抜粋・編集して掲載)。

試験名称	梁の曲げ試験		
依頼者	株式会社ボラス暮し科学研究所		
試験項目	曲げ試験		
商品名	組立式木造水平トラス		
試験体 (依頼者 提出資料)	試験体名	主な構成材の寸法(mm)及び材質	体数
	A	試験体寸法：8,990×970×105 横架材：対称異等級構成集成材(E135-F375又はE120-F330)* 105×240 べいまつ 束：同一等級構成集成材(E95-F315) 105×105 おうしゅうあかまつ 接合金物：トラス金物	3
	B	試験体寸法：10,810×1,240×105 横架材：対称異等級構成集成材(E135-F375又はE120-F330)* 105×240 べいまつ 束：同一等級構成集成材(E95-F315) 105×105 おうしゅうあかまつ 接合金物：トラス金物	3
	C	試験体寸法：9,900×1,080×105 横架材：対称異等級構成集成材(E135-F375又はE120-F330)* 105×240 べいまつ 束：同一等級構成集成材(E95-F315) 105×105 おうしゅうあかまつ 接合金物：トラス金物	3
(注)横架材(①～④)は、E135-F375又はE120-F330で構成されている。 参照：図1～図3(試験体)			
試験方法	概要	試験は、試験体を写真1に示す支持スパンで支持し、試験体の支持スパン3等分2線位置に加圧板(300mm×250mm×t28mm)を介して荷重を加えた。荷重は、試験体中央下部の変位(電気式変位計：DG1)が依頼者と協議して決めた変位に達するまで連続的に行った。この時、荷重及び試験体各部の上下方向変位(DG1～DG5)及び接合部の変位(DG6～DG7)を測定するとともに、試験体の状況を目視観察した。なお、荷重速度は0.2mm/secとした。	
	加力装置	1000kN 構造物曲げ試験装置	
	測定装置	電気式変位計：容量；100mm,感度； 100×10^{-6} /mm,非直線性；0.1%RO 容量；500mm,感度； 20×10^{-6} /mm,非直線性；0.3%RO データロガー	
参照：写真1(試験実施状況)			

つづく

つづき

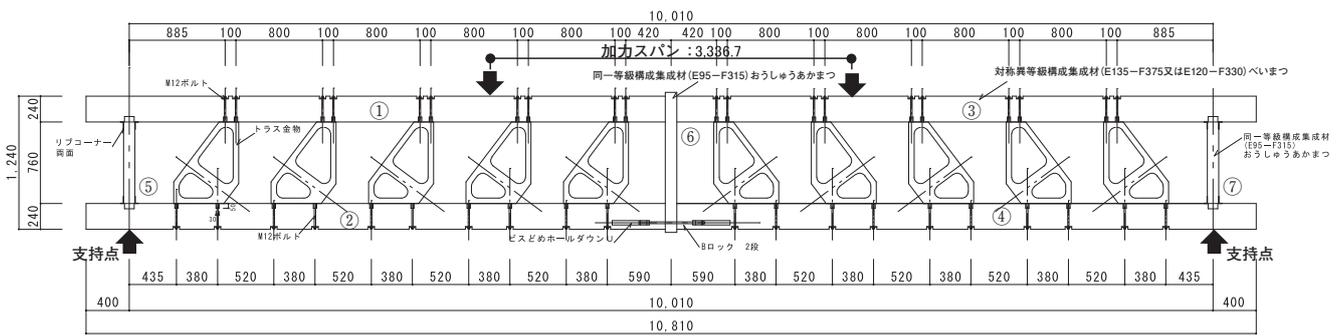
試験項目	試験体名	中央下部 (DG1) の特定変位時の荷重(kN)				荷重(kN)	最大載荷荷重時							
		5mm	10mm	15mm	20mm		変位(mm)							
							DG1	DG2	DG3	DG4	DG5	DG6	DG7	
試験結果	曲げ	A-1	6	13	17	21	41	297	204	204	220	217	2.5	2.6
		A-2	8	13	18	21	41	300	208	207	223	221	1.2	1.5
		A-3	8	14	18	22	43	300	205	206	221	220	3.6	2.2
		平均	7	13	18	21	42	299	206	206	221	219	2.4	2.1
		B-1	6	11	14	17	38	137	113	115	106	106	0.8	-0.9
		B-2	5	10	13	17	38	142	116	116	110	110	0.6	0.0
		B-3	6	10	13	16	37	126	107	105	100	101	0.7	-1.5
		平均	6	10	13	17	38	135	112	112	105	106	0.7	-0.8
		C-1	7	13	17	21	41	120	96	100	91	92	1.5	-1.5
		C-2	6	12	16	20	42	199	153	153	144	143	1	-0.9
		C-3	7	12	16	20	42	179	138	140	131	130	1.1	-1.3
		平均	7	12	16	20	42	166	129	131	122	122	1.2	-1.2
参 照： 図4 (荷重-変位曲線)														
試験日	平成27年 2月23日～2月25日													
担当者	試験監督者 流田 靖博 試験責任者 早崎 洋一 試験実施者 小森 谷 誠, 早崎 洋一, 岡村 憲二, 杉原 大祐													
試験場所	西日本試験所													



試験体名	部材	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
A-1	①	0.52	8.4
	②	0.53	8.1
	③	0.52	9.8
	④	0.50	8.6
	⑤	0.52	9.8
	⑥	0.47	9.6
	⑦	0.53	9.6
A-2	①	0.51	8.9
	②	0.53	8.8
	③	0.52	7.8
	④	0.53	9.2
	⑤	0.50	11.4
	⑥	0.51	9.3
	⑦	0.55	10.2
A-3	①	0.49	9.4
	②	0.53	9.7
	③	0.52	8.9
	④	0.50	9.4
	⑤	0.51	9.9
	⑥	0.50	9.9
	⑦	0.49	9.9

注) 1. 密度は、試験体の各部材から切り出した供試体を用いて測定した。
2. 含水率は、電気式水分計を用いて測定した。

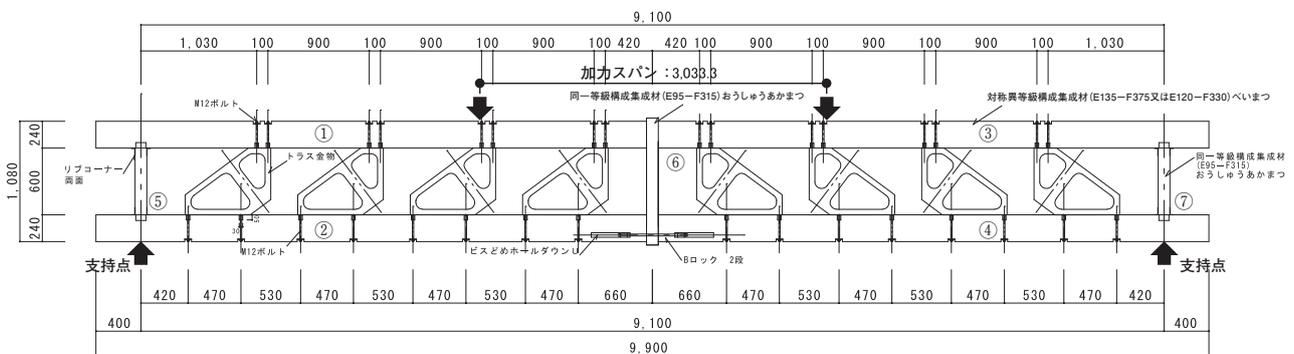
図1 試験体名：A (試験体図は、依頼者提出資料)



試験体名	部材	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
B-1	①	0.62	9.3
	②	0.55	9.3
	③	0.55	11.1
	④	0.52	10.8
	⑤	0.53	9.9
	⑥	0.53	9.8
	⑦	0.47	11.3
B-2	①	0.54	12.0
	②	0.53	12.9
	③	0.53	11.2
	④	0.51	9.1
	⑤	0.48	9.6
	⑥	0.50	9.7
	⑦	0.50	9.0
B-3	①	0.51	9.2
	②	0.53	11.1
	③	0.52	10.4
	④	0.53	9.8
	⑤	0.46	10.7
	⑥	0.51	10.3
	⑦	0.49	9.6

注) 1. 密度は、試験体の各部材から切り出した供試体を用いて測定した。
2. 含水率は、電気式水分計を用いて測定した。

図2 試験体名: B (試験体図は、依頼者提出資料)



試験体名	部材	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
C-1	①	0.50	9.0
	②	0.52	8.6
	③	0.54	8.7
	④	0.49	8.5
	⑤	0.55	10.3
	⑥	0.51	9.9
	⑦	0.50	10.0
C-2	①	0.53	9.3
	②	0.51	7.8
	③	0.52	9.2
	④	0.52	8.9
	⑤	0.47	9.5
	⑥	0.53	9.4
	⑦	0.46	9.4
C-3	①	0.51	8.4
	②	0.50	8.0
	③	0.51	7.9
	④	0.52	10.9
	⑤	0.50	10.1
	⑥	0.48	9.6
	⑦	0.50	10.3

注) 1. 密度は、試験体の各部材から切り出した供試体を用いて測定した。
2. 含水率は、電気式水分計を用いて測定した。

図3 試験体名: C (試験体図は、依頼者提出資料)

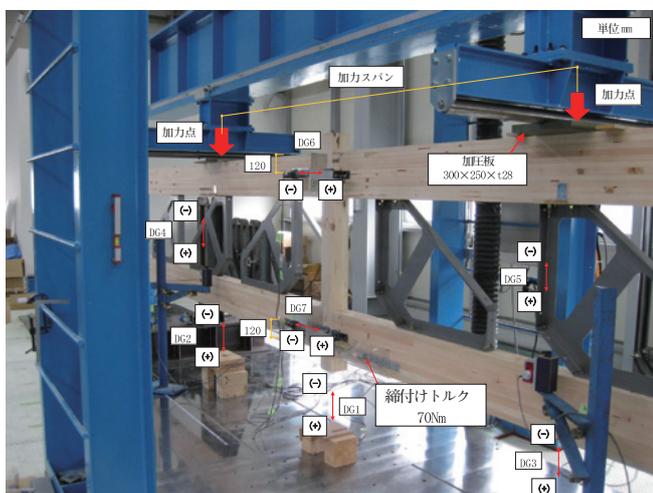
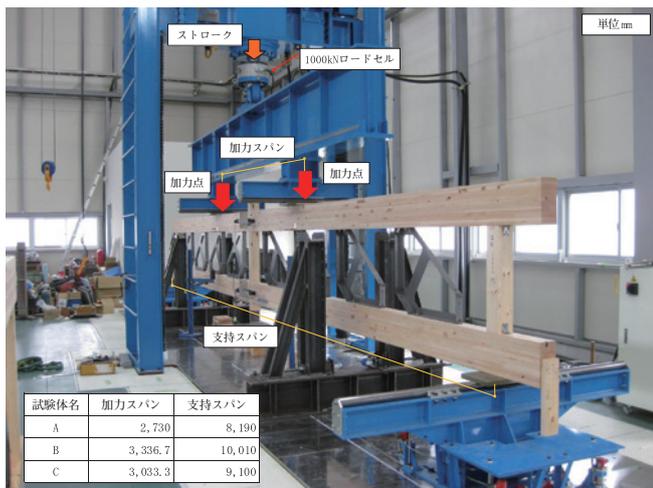


写真1 試験実施状況（試験項目：曲げ試験）

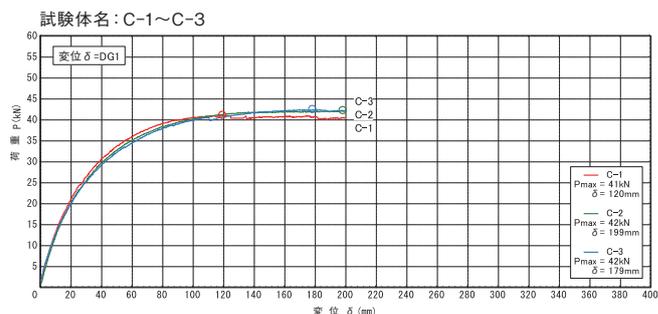
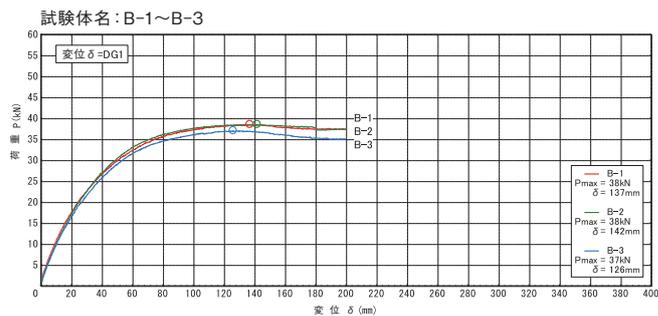
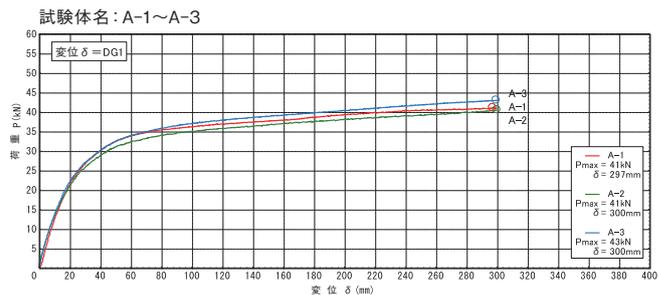


図4 荷重-変位曲線 中央下部（DG1）の変位

コメント・・・・・・・・・・・・・・・・

平成22年の「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」の施行及び「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（通称、省エネ法）の改正により、公共建築物を中心に木材を使用する働きが活発になると共に、一般建築物を含め木造建築の大規模化が進んでいる。

今回紹介した試験は、株式会社ボラス暮らし科学研究所から依頼された「組立式木造水平トラス」の曲げ試験である。

ボラグループでは、木造の大規模化に伴い、大スパンが可能となる木造トラスを個別設計にて対応していたが、設計と加工の効率化のためトラスユニットの製品化が強く望まれていた。製品化に向けては、トラスを構成する斜材の手加工をなくし工期日数の短縮、また、トラスを構成する斜材の断面が90mm角以上の場合、斜材端部の接合耐力の向上が課題とされていた。

本試験は、これらの課題を解決するために新規開発した製品の構造性能の確認を行うものである。製品は、集成材の梁、束及び上下2本の梁の間に組み込まれた接合金物で構成され、接合金物を回転させ設置方向を変えることで、3種類の梁せいに対応している。試験体は、梁せいの異なる3仕様であ

る。試験方法は、写真1に示す支持スパン（A：8190mm，B：10010mm，C：9100mm）で試験体を支持し、支持スパンの3等分2線位置に加圧板（300mm×250mm×t28mm）を介して荷重を加えた。載荷は、試験体中央下部の変位が依頼者と協議して決めた変位に達するまで連続的に行った。この間、荷重及び試験体各部の上下方向変位、接合部の変位を測定するとともに、試験体の状況を目視観察し、試験体の構造性能の確認を行った。

試験結果から、接合金物を使用することで斜材の手加工が不要に、また、適用範囲内でのスパン表の運用も可能となり（適用範囲外は、個別設計にて対応）、前述の課題を解決することが出来た。現在、「組立式木造水平トラス」は製品化され、実物件の建設が進められている。

西日本試験所では、今回紹介した試験以外に建築部材や材料の試験、また、大型化に対応した試験設備を所有し、多様化した試験のご要望に応えられるように体制を整えている。各種試験をご検討の際は、ご相談及び活用して頂ければ幸いです。

（文責：西日本試験所 試験課 小森谷 誠）

世界の伝統的建築構法

第4回 カルパチア山脈周辺の木造教会と校倉民家

芝浦工業大学 教授 南 一 誠

前回は、東欧カルパチア山脈周辺の木造教会について、ルーマニアとウクライナの事例を取り上げて紹介させていただいた。今回は、スロバキアとポーランドの木造教会について紹介した上で、同じ地域の校倉民家について解説したい。

1. カルパチア山脈の木造教会

1.1 スロバキア ラドミーロヴァーの聖ミカエル大天使教会
カルパチア山脈のスロバキア側では、16～18世紀に建てられたカトリック教会2棟、プロテスタント教会3棟、ギリ



写真1 スロバキア ラドミロヴァーの教会 正面入口廻り

シャ正教3棟が世界遺産として登録されている。この地域では、ローマ・カトリック、プロテスタント、東方正教会(ギリシア正教)、東方典礼カトリック教会が共存してきた。

聖ミカエル大天使教会は1742年建造のギリシャ正教の教会である。東西軸線上に、内陣、礼拝堂、鐘塔が一直線に配置され、それぞれの上に塔が高さを変えてリズムカルに並んでいる。脇に独立して建つ鐘楼には縦羽目の板が貼られている(写真1, 2)。

1.2 ポーランド デンプノの聖ミカエル大天使教会

ポーランド南部のマウォポルスカ地方に所在するローマ・カトリック教会。この地域には中世に建造された木造教会が数十棟、残っており、デンプノ、ピナロヴァー、センコヴァ、ハチェフ、ブリズネ、リプニツァ・ムロヴァナの6教会が世界遺産に指定されている。デンプノの教会の内陣、礼拝堂は15世紀後半、鐘塔は1601年に建造されたとされている(写真3, 4)。



写真2 スロバキア ラドミロヴァーの教会 側面
左端が鐘楼



写真3 ポーランド デンプノの教会



写真4 ポーランド デンプノの教会 屋根詳細

1.3 ポーランド ビナロヴァーの聖ミカエル大天使教会

1500年頃に建造されたローマ・カトリック教会。鐘塔は1500年代後期に増築されている。内陣と礼拝堂を一つの大屋根が覆い、鐘塔が独立して建っている。外壁を保護する細長の木片が、建物の壁面全体に優しい表情の統一感を与えている(写真5, 6)。

1.4 ポーランド センコヴァの聖フィリップ・聖ヤコブ使徒教会

1520年頃に建造されたローマ・カトリック教会。鐘楼部分を除く教会全体を急勾配の大屋根が、回廊を含めて大きく覆う。礼拝堂手前の鐘塔の下は、日曜日のミサに参加するため前日から集まる人たちが休む空間として使われた。天井がない部分は屋根の野地板が下から見える。第一次世界大戦で壊滅的に破壊されたが修復され、現在の姿を見ることができる(写真7, 8)。

1.5 ポーランド オフチャリの聖マリア教会

1653年に建造されたギリシャ・カトリック教会。現在はローマ・カトリック教会として使われている。内陣、礼拝堂、鐘塔が直線状に並び、それぞれの上部に球根の形をした塔飾りが載る。鐘塔は18世紀後期に教会の内陣、礼拝堂の西に増築されたもの。土台廻りを降雨から保護するため、外壁の地面に接する部分に、小さな庇が付いている(写真9, 10)。

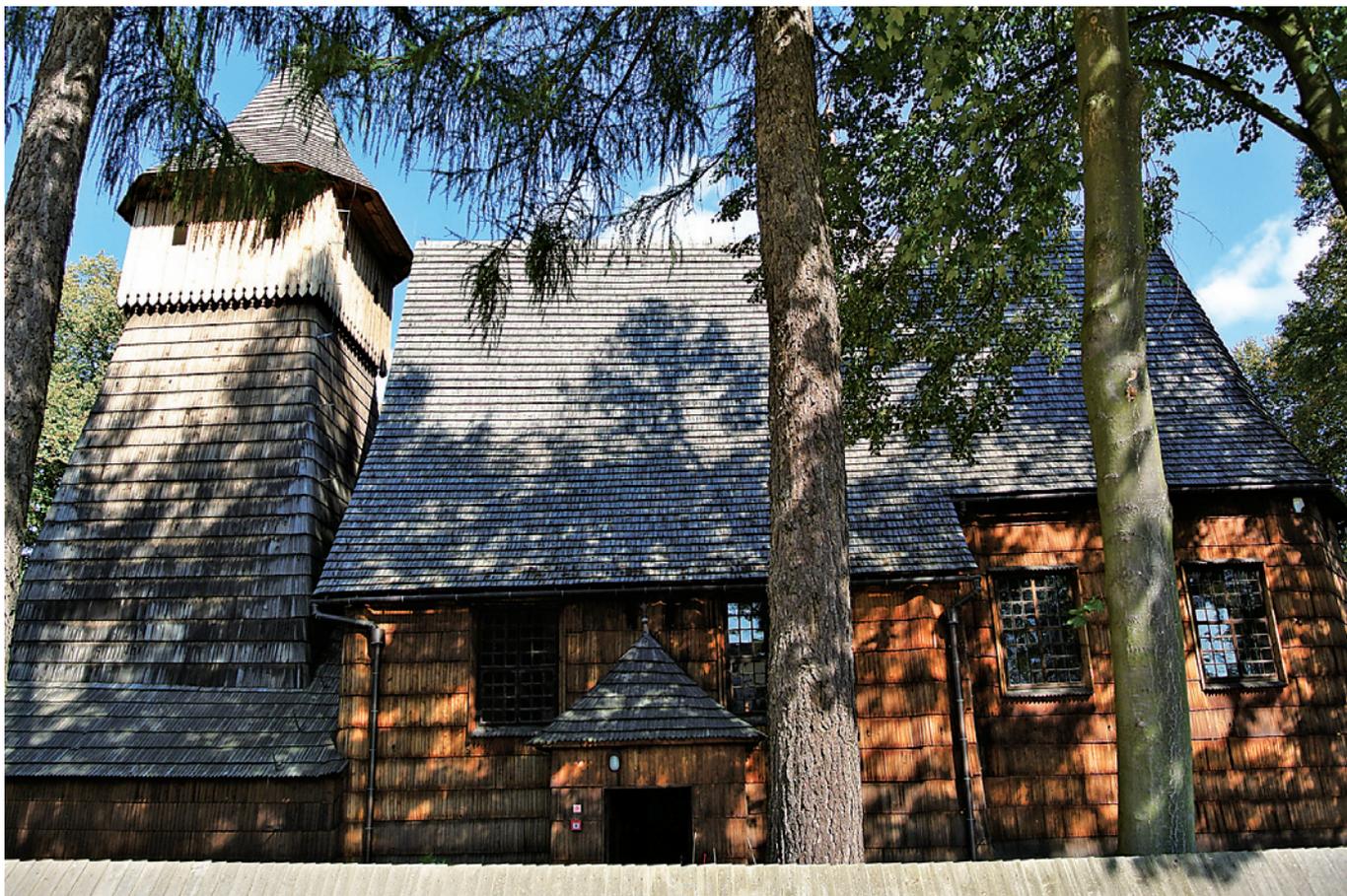


写真5 ポーランド ビナロヴァーの教会 外観



写真6 ポーランド ビナロヴァーの教会 内部

表 木材の使い方の比較

カルパチア山脈の木造教会と校倉民家		(周辺はブナの森)	
ウクライナ	ヤシニア教会	すべて木 で構成	外部は素木 内部は彩色
ルーマニア	デセッシュティ教会		
ポーランド	ビナロヴァー教会		
スロバキア	ヴルコリネツ集落		外部は彩色 内部は素木も
スロバキア	ジュディアル集落		
ポーランド	ホホワブ集落		
ブータンの城塞建築ゾンと民家		(周辺はヒマラヤ山麓の青松)	
ブナカ	ゾン (城郭・宗教建築)	木と 石や土が 適材適所	外部木部に彩色
トンサ	ゾン (城郭・宗教建築)		
パロ	ゾン (城郭・宗教建築)		
ティンブー	ゾン (城郭・宗教建築)		
ロンテル	板葺屋根民家	木と 石や土が 適材適所	屋根は素木 内部は彩色も

2. カルパチア山脈の校倉民家

カルパチア山脈周辺の古い街道沿いや山麓には、素朴な表情をした校倉民家が残っている。校木は教会のものとは違い、太い丸太を大らかに使ったものや、色を塗ったものが見られる。ポーランドのホホワブ集落には外壁面をわずか4つの校木で構成している建物もあり、その木材の太さに圧倒される。



写真7 ポーランド センコヴァの教会 側面

2.1 スロバキア ヴルコリネッツ集落

スロバキア中部の山中に、スラブ系民族が建てたとされる木造校倉住宅が数十戸、残っている。山に向かって伸びる道に面して、民家の妻面が並ぶ。明るい色彩で塗られた外壁と、端正な屋根妻面が、それぞれの住戸の個性を表している。屋根葺き材は風下側を守るように、棟を少し超えて迫り出している。民家の敷地は道から直角に奥深く伸び、建物も細長く山の斜面に沿うように配置されている。建物の入り口は道から少し引き込まれた建物の側面にある。玄関の左右に部屋があり、道路側に居間がある。店舗への入り口も前面道路から引き込んだ位置にある。山に向かって上る道の中央には用水が流れており、水場には時折、住民の姿が見える。トウヒを神聖なものとして信じる村人たちは、毎年5月1日、山から切り出したトウヒの柱を家々の前に立てる祭りを祝っている(写真11, 12)。

2.2 スロバキア ジュディアル集落

スロバキアの北部、ポーランドとの国境に近い山中にある。校木の目地の濃い青色、窓枠の濃い赤色が集落の民家に



写真8 ポーランド センコヴァの教会 回廊端部



写真9 ポーランド オフチャリの教会 アプローチ廻り



写真10 ポーランド オフチャリの教会 壁面詳細



写真11 スロバキア ヴルコリネツ集落 住戸内部

個性ある表情をもたらしている。山の斜面に建つ民家からは、氷河谷の眺望が開ける(写真13, 14)。

3. 異文化の建築の比較

連載の第1回はブータンの城塞建築ゾーン、第2回はブータンの伝統住居、第3回は東欧カルパチア山脈周辺の木造教会、そして今回はカルパチア山脈周辺の校倉民家をご紹介した。4種の建築はどれも立地環境や地域の伝統文化に根差した個性ある建築である。たとえば、それらの建物の木材の使



写真12 スロバキア ヴルコリネツ集落 外観

い方を比較してみるのも興味深い(表)。

カルパチア山脈周辺の木造教会は、外部のあらゆる部位を素木で覆い尽くしているのに対して、内部は鮮やかな色彩の宗教画に囲まれている。ブータンのゾンの外部建具などには極彩色が施されていた。東欧の校倉民家の外壁は鮮やかな色彩に塗られているが、ブータンの民家は、伝統的には板葺き屋根であり、外観は自然の素材が主体である。一方、ブータンの民家は居間が鮮やかな色に塗られている。東欧とブータンとは独立した文化圏であり、その建築の作り方に関係性はないが、木の使い方が対照的であり興味深い。次回は中国安徽省に残る徽州建築の古民居をご紹介します。



写真13 スロバキア ジュディアル集落

【参考文献】

第3回に記載している参考文献をご参照ください。

プロフィール

南 一誠 (みなみ・かずのぶ)
 芝浦工業大学 工学部 建築学科 教授
 最近の研究テーマ: 建築ストック活用,
 建築構法



写真14 スロバキア ジュディアル集落 外壁詳細

JIS A 1412-1〔熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法 —第1部：保護熱板法（GHP法）〕の改正について

— 改正原案作成委員会の審議・検討概要報告 —

1. はじめに

この規格は、断熱材や保温材など、熱伝導率の比較的低い建築材料の熱伝導率測定方法を規定した試験方法規格である。建築材料の熱伝導率はさまざまな方法で測定できるが、この規格で規定する保護熱板法（以下、GHP法という。）は、絶対法による一次測定法であり、熱伝導率測定の基準となる測定方法である。

一方、近年、真空断熱材（VIP）に代表される低熱伝導率材料の開発が進められている。これらの材料は、従来の断熱材に比べ熱伝導率が低く、また、均質ではないものもあり、現規格をそのまま適用することが困難な場合も多い。そのため、今回の改正原案の作成は、現規格をこれらの材料に適用する規格に改正することを主な目的とし実施した。あわせて、この規格の使用者の利便性を考慮し、規格の全体構成の組み換えも行うこととした。

改正原案の作成は、2013年5月から、当センター内に低熱伝導率材料の熱伝導率測定方法の標準化委員会（委員長：馬場哲也 独立行政法人産業技術総合研究所 招聘研究員（2013年度）、岩前篤 近畿大学 教授（2014年度））を組織して行った。また、審議した改正原案は、2015年3月に（一財）日本規格協会に提出した。

ここでは、JIS A 1412-1の改正原案における主な審議、検討事項の概要について紹介する。

2. 規格の変遷

熱伝導率の試験方法規格の歴史は古く、約50年前の1968年には、JIS A 1412（平板比較法）とJIS A 1413（平板直接法）の2規格が制定されている。このうち、JIS A 1413が現規格の前身となる規格である。

1989年には、JIS A 1412、JIS A 1413及びこれらの規格とは別の製品規格で規定されていた“円筒法”を統合し、JIS A 1412（保温材の熱伝導率測定方法）が制定された。さらに、1986年に厚い断熱材の熱伝導率測定方法として制定されて

いたJIS A 1427（グラスウール断熱材の断熱性能試験方法）も、1994年には“保護熱板式熱流計法”としてJIS A 1412に追加統合された。

その後、1991年に、ISO 8301（熱流計法）、ISO 8302（保護熱板法）及びISO 8497（円筒法）が制定されたことに伴い、1999年に、ISO規格との整合化を目的に、JIS A 1412は現規格である第1部（保護熱板法）と、第2部（熱流計法）及び第3部（円筒法）に分割された。

なお、同年には、建築用構成材の断熱性試験方法規格であるJIS A 1420（校正熱箱法）も、ISO 8990（校正熱箱法及び保護熱箱法）との整合化を目的に、校正熱箱法及び保護熱箱法の両方を含む規格に改正されている。

参考として、これらの測定法の特徴及び適用できる試験体について、表1に示す。

3. 改正原案の作成にあたり主に審議・検討した内容について

今回の改正審議において、主に審議・検討した内容は、次のとおりである。

3.1 規格の構成

現規格は、前述したように、ISO規格を基に1999年に改正されたもので、“総論”、“測定装置及び誤差評価”及び“測定手順”の3部構成となっている。前回（1999年）の改正から15年以上が経過しており、ISO規格及びJISの標準的な構成、様式などが当時とは異なっている点も見受けられている。そのため、これらの観点に、規格の読みやすさなどを考慮し、規格の構成を組み換えた改正原案を作成することとした。さらに、本体の補足的事項は、“注記”、“附属書”、“解説”などに移し、重複する内容などの一部については削除することとした。

低熱伝導材料については、研究段階、開発途上のものも含めて幅広く調査した結果、現状では真空断熱材を対象に測定方法を追加することになった。真空断熱材は、芯材、被覆材などからなる均質ではない材料であり、従来の熱絶縁材料とは大きく異なる特徴を持つ。そのため、真空断熱材独自の試

表1 各測定法の特徴と適用できる試験体

測定法	測定法の特徴	適用できる試験体
保護熱板法 (JIS A 1412-1)	熱板及び試験体の水平方向の熱移動を抑えるために、主熱板の周囲に保護熱板を設けてある。絶対法による一次測定法であり、熱伝導率測定の基本となる測定法である。	規定では、一辺又は直径が0.3mを標準寸法としている。この場合、試験体厚さ50mmまで対応できる。
熱流計法 (JIS A 1412-2)	試験体の通過熱量を熱流計を用いて測定する方法。保護熱板法で測定した校正用標準板で熱流計を校正する二次測定法である。	推奨寸法は、保護熱板法と同様。0.2m, 0.3m, 0.45m, 0.6mなどの寸法の装置が使用されている。寸法0.6mの装置で試験体厚さ100mmまで対応できる。
平板比較法 (JIS A 1412-2の附属書A)	熱伝導率又は熱抵抗既知の標準板と試験体の温度差を比較することによって、試験体の熱伝導率を求める測定法。公的試験機関等で検定された比較用標準板を要する。	規定では、一辺0.2mに限定している。試験体厚さ10mm以上25mm程度以下に対応している。ただし、0.2m以上の標準板があれば、この寸法に制約されない。
保護熱板式熱流計法 (JIS A 1412-2の附属書B)	厚物の材料を測定するために、熱流計の周囲に保護熱板を設け、平面方向への熱移動を抑えるようにした測定法。	試験体の大きさは0.9mに限定。厚さは200mmまでを対象とする。
円筒法 (JIS A 1412-3)	保温筒を測定するために、加熱管に試験体を被せて測定する方法。	内径が加熱管外形に一致する試験体。長さは最低0.6mで、1m程度が望ましい。
熱箱法 (JIS A 1420)	以上の5種類は材料を対象としているが、材料のほかに、凹凸のあるパネルなどの構成材も対象とする測定法で、主として試験体両側の空気から空気への伝熱特性を熱箱を用いて測定する方法。	規定では、寸法1.5×1.5m以上の試験体が対象。特例として、0.9×0.9mの材料などの試験体にも適用できるが、厚さは100mm以下。

験体条件や測定手順を規定する必要となることから、附属書(真空断熱材の熱抵抗及び見掛けの熱伝導率の測定方法)として、真空断熱材に特化した測定方法を新たに追加することとした。

3.2 規格の名称

現規格の名称は、“熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第1部：保護熱板法(GHP法)”である。厳密には、測定される量は熱抵抗であり、試験体厚さが既知である場合にはその厚さで除して熱伝導率を算出するという内容である。今回、低熱伝導材料の評価に適用するに当たり、真空断熱材のような材料について、(見掛けの)熱伝導率を定義することはできないのではないかという懸念があった。そのため、熱伝導率を除外して熱抵抗のみと規定することが検討された。

一方で、生産者や測定機関を対象に実施したアンケートの結果^[1]及び^[2]から、断熱材の特性が“熱抵抗”で表現されていることと同等又はそれ以上に“熱伝導率”で表現されて使用されている現状が明らかになった。これらを考慮して、規格の名称は、熱抵抗と熱伝導率の両方が記載された現状のままに据え置くこととした。

3.3 適用範囲

この規格の適用範囲については、“対象となる‘平板状の

熱絶縁材’の範囲”及び“測定可能な範囲の上限及び下限”を具体的に明記した方がよいのではないかという意見があった。審議の結果、この規定の対象となる“平板状の熱絶縁材”の範囲については、真空断熱材のような材料も平板状の熱絶縁材の一つではあるので、現規格の規定のままよいと結論付けた。

ただし、真空断熱材のような材料には、小さい断熱材が並ぶ構造などもあり得るが、保護熱板法は平板状試験体の中央部分の測定データでその材料の平均的な特性を求める特徴があること、伝熱面積内に熱橋となる部分が含まれていると一次元熱流が確保できないことなどから、試験体は1枚ものの平板状であることが重要であることを確認した。

測定可能な範囲の上限値及び下限値については、現行では熱抵抗の下限値(0.1 m²・K/W以上)のみが規定されているが、この熱抵抗の試験体を推奨される最低温度差(5K)で測定する場合においても、不確かさは2%程度とさほど大きな値にはならない。そのため、審議の結果、下限値は現規格の表現でよいと結論付けた。

上限値については、熱板の大きさに依存することがわかっており、明確に規定することは難しい。また、下限値が記載されていることは、不確かさにとって安全方向であり、上限

値の記載が無くても断熱材の使用においては問題ないと考えられるため、上限値は記載しないことと結論付けた。

3. 4 装置の形状

現規格では、装置の標準の形状として、4種類の熱板のサイズが規定されていた。改正原案では、より現実的かつ分かりやすい表現となるように規定することとし、標準の形状を“直径が0.3mの円形又は1辺の長さが0.3mの正方形”とすることとした。また、近年市販されているGHP法の測定装置は、0.3m及び0.6mの2種類が一般的であるが、熱板が大きくなると、規格に規定する熱板の平滑状態に上げることが難しくなるため、0.6mよりも0.3mがより汎用的で使いやすいと判断し、標準の形状は0.3mのみとすることとした。

ただし、規定としては、標準の形状の他、“直径が0.2m～1mの円形又は1辺の長さが0.2m～1mの正方形”としており、従来の内容も含むものとしている。

3. 5 試験条件及び試験体

現規格では、試験条件及び試験体の箇条がないため、これらの箇条を追加した方が、使用者が規格を理解しやすいとの意見があった。そのため、現規格の1.6(装置による制約)及び1.7(試験体による制約)は、改正原案では新たに箇条5(試験条件)及び箇条6(試験体)として独立した箇条に移行することとした。

試験体温度差の限界については、代表的な温度差を数値で明記してはどうか、温度差は大きい方が不確かさを低減できるのではないかといった意見があった。温度差は、測定対象の熱抵抗によって最適値が異なるが、この規格の使用者にとって、目安となる数値は必要な情報と考えられる。審議の結果、一般に設定することが多い、5K、10K、20Kを数値として規定することとした。

なお、温度測定の不確かさを小さくするためには、10～20K程度が無理なく実現でき、かつ、適当な温度差であると考えられる。

温度測定の不確かさの低減という意図では、温度差を大きくすることは有効であるが、平均温度が低い状態で温度差を大きくすると、冷却熱板に結露が生じる懸念がある。そのため、温度差を大きくすることを推奨する規定は設けないこととした。

3. 6 試験体の締付け力

表面に皺や凹凸のある真空断熱材の場合、測定時の締付け力によって熱伝導率が変化するのではないかという意見があった。そこで、真空断熱材を対象に、測定時の締付け力を変えて熱伝導率測定を行い、その依存性を確認した^[3]。図1

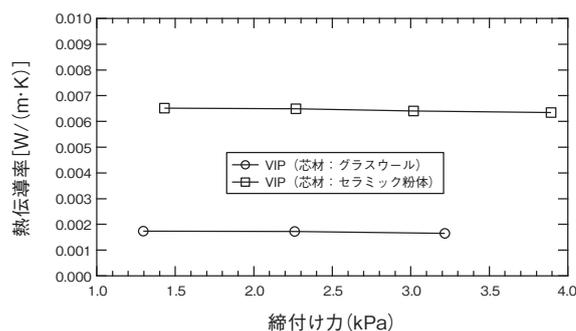


図1 真空断熱材の締付け力と熱伝導率の関係

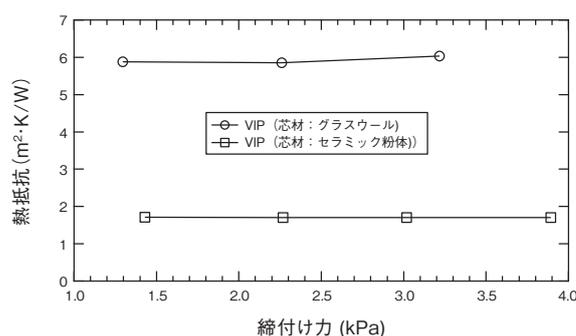


図2 真空断熱材の締付け力と熱抵抗の関係

及び図2に測定結果を示すが、いずれの試験体も締付け力による熱抵抗及び熱伝導率に明確な依存性は見られていない。ただし、極端に締付け力を大きくすると、試験体の変形などが生じることも考えられるため、真空断熱材においても、他の試験体と同様の締付け力(2.5kPa以下)とするのが適当といえる。従って、改正原案では、測定中の試験体の締付け力について“大部分の材料では2.5kPa以上の圧力をかける必要はない”と規定することとした。

3. 7 誤差評価

誤差評価は、ISO 8302の2.2 (Evaluation of errors)を再構成し、附属書として規定したものである。

今回の一連の標準化調査研究活動で改正原案の作成にあたり、“誤差”を“不確かさ”に置き換えることも検討された。しかし、この附属書で規定している内容は、“真値からのずれ”というニュアンスであり、“不確かさ”ではなく“誤差”の意であることを確認し、今回の改正では置き換えないこととした。

なお、附属書に規定する誤差について、専門家より系統誤差(真値からのかたより)及び偶然誤差(ばらつき)の2種類が混在していることが問題であるとの指摘があった。そのため、内容を精査して、系統誤差と偶然誤差とを区別して記述する修正を行った。また、ここで誤差を区別したことに伴い、

本体の関連部分も同様の修正をした。

また、現規格の附属書の3.5(端面熱損失)では、雰囲気温度の設定について、“ $(T_e - T_m) / \Delta T < 0.1$ (試験体温度差に対する端面温度と平均温度との差の比が0.1未満)”と規定されている。しかし、分子が絶対値ではないため、端面温度の低い方はいくらでもよいということになってしまう。そのため、審議の結果、数式を“ $|T_e - T_m| / \Delta T < 0.1$ ”とし、分子を絶対値に置き換えることとした。

3.8 真空断熱材の熱抵抗及び見掛けの熱伝導率の測定方法

真空断熱材をこの規格の測定対象に加えるに当たり、前述のとおり試験体条件や測定手順を規定する必要があるため、附属書として追加することとした。また、真空断熱材は均質材料ではないため、“規定”ではなく、“参考”とすることとした。附属書の要点を次の1)～3)に示す。

1) 試験体

真空断熱材は、被覆材で芯材を覆って内部を減圧した材料であり、従来の一般的な断熱材とは異なる。そのため、被覆材が熱橋になるなど、均質な材料にはないことが測定結果に影響する懸念があった。また、内部には、芯材の他に真空を保持するためにガス及び水分を吸着する薬剤(吸着剤)を入れた部分が存在することも少なくない。これらが測定結果に大きく影響することを考慮し、国内の三機関でのラウンドロビン測定、温度差を変えた熱抵抗・熱伝導率の測定及びシミュレーションによる検討^{[1]～[3]}を行ったほか、文献^[4]なども参考とし、測定可能な試験体の条件を次のとおり設定することとした。

- ①寸法：試験体の芯材寸法は、保護熱板の幅の中央位置よりも大きく、かつ、加熱板の寸法を超えないものとする。
- ②厚さの下限：試験体の芯材の厚さは、被覆材の厚さの10倍以上とする。
- ③厚さの均一性：試験体四隅の厚さ(次の2)に従って測定した値)は、平均値に対して±15%以内、かつ、最大値と最小値の差が3mm以内とする。
- ④吸着剤の位置及び厚さ：吸着剤は、可能な限り試験体の端部に配置し、少なくとも試験体を装置に設置したときに主熱板の外側に位置するように配置する。また、吸着剤の厚さは、芯材と同じかそれよりも薄いものとする。
- ⑤被覆材の影響：被覆材表面などでの一次元熱流以外の熱移動量は、主熱板に供給される熱量の10%を超えないものとする。

なお、不確かさの観点からは、熱抵抗が大きい試験体ほど、この規格での測定が難しくなる。信頼性がある測定結果を得

ることが可能な範囲として、熱抵抗の上限を設定することとし、不確かさの推定結果などを参考に、その値を $10\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ 以下(測定の正確さを制約する場合は $15\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ 以下)とすることとした。

2) 厚さの測定方法

熱伝導率の算出には、厚さが重要なパラメータとなる。そのことを考慮して、厚さの測定方法の詳細を示すこととした。三次元測定機による緻密な形状評価により、試験体の凹凸の程度が明らかとなったが、測定の度に三次元測定機で評価することは非現実的である。現実的には、現行で行われているように、ガラス板など表面が平行平滑である板で挟んだ内側(または外側から板の厚さを除した)距離で定義することが妥当であると判断し、その方法を採用することとした。

3) 測定手順

試験体の皺や凹凸を考慮し、試験体に直接温度センサを取り付けて試験体の面間に生じる温度差を確実に計測すること、加熱板及び冷却熱板と試験体の間に緩衝材を挟んで熱接触を最小限に抑えることを示すこととした。このような設置方法において、試験体中央部分の計測データから算出した熱抵抗・熱伝導率が、試験体中央部分の値を代表していると判断できるかどうかについては、ラウンドロビン測定の際に温度センサの取り付け方法を変えて測定したり、シミュレー

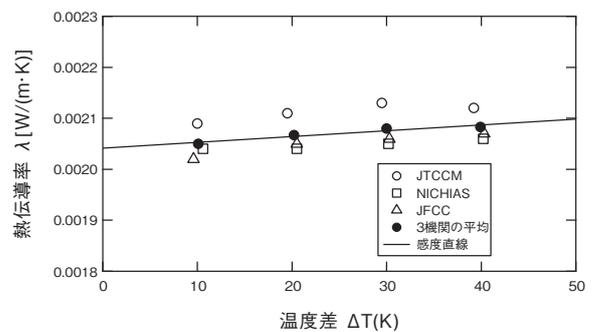


図3 温度差と熱伝導率との関係

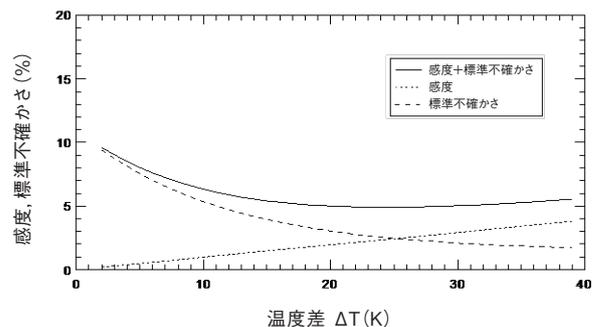


図4 温度差と感度及び標準不確かさとの関係

ションで影響を検討したりした結果を基に決定している。

試験体の温度差についても、温度差を変えた測定とその時の測定の不確かさの見積もり (図4) から、温度差の設定条件を $20 \pm 1K$ とすることとした。

5. 低熱伝導率材料の熱伝導率測定の不確かさ評価について

国内の三機関において、標準形状の保護熱板法により各種真空断熱材のラウンドロビン測定を行った結果を図5に、その熱伝導率の不確かさ評価結果を図6に示す。図6に示すように、低熱伝導率の試験体ほど不確かさが増大することがわかる。従って、真空断熱材のような低熱伝導率材料は、従来の断熱材に比べ、熱伝導率測定結果の信頼性が低下する。そのため、別途、不確かさ評価を行うことが望ましい。改正原案では、熱伝導率測定の不確かさ評価の具体的な方法は示していないが、熱伝導率は、熱量、長さ及び温度の組立量であるから、熱伝導率の不確かさは、それぞれの測定に関連する不確かさ要因を検討し、それらを合成することで評価できる。詳細な評価を行うには時間と労力が必要であるが、保護熱板法による熱伝導率測定の不確かさ評価を検討した文献^[5]が参考になる。また、不確かさについては、ISO Guide 98 Part 3 (GUM)^[6]が参考になる。

6. おわりに

JIS A 1412-1の改正原案作成委員会の主な審議事項及び検討概要について紹介した。建築物の省エネルギー基準の完全義務化に向け、断熱材をはじめとする各種建築材料の熱性能の試験・評価の重要性は増してきている。そのため、関連する規格を適切に維持・改正していくことは重要といえる。この規格基準紹介が、建築材料の熱伝導率測定方法を広く皆様にご理解いただく一助となれば幸いである。

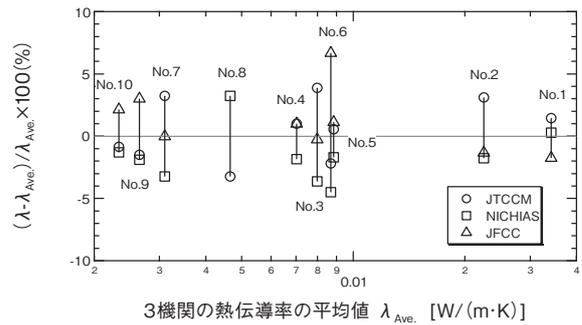


図5 各種断熱材の熱伝導率のラウンドロビン試験結果

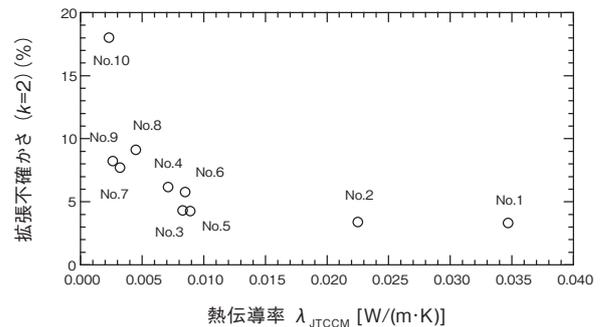


図6 各種断熱材の熱伝導率の不確かさ評価結果

【参考文献】

- [1] 一般財団法人建材試験センター 平成23年度国際標準化開発事業“低熱伝導率材料の熱伝導率測定方法標準化 成果報告書”
- [2] 一般財団法人建材試験センター 平成24年度国際標準化開発事業“低熱伝導率材料の熱伝導率測定方法標準化 成果報告書”
- [3] 一般財団法人建材試験センター 平成25年度国際標準化開発事業“低熱伝導率材料の熱伝導率測定方法標準化 成果報告書”
- [4] 小川光恵, 松原秀彰“真空断熱用ナノ多孔質シリカの熱伝導率評価・解析”第32回 日本熱物性シンポジウム, 2011, pp 249-251.
- [5] 財団法人日本建築総合試験所“建築材料分野(建築部材の熱伝導率試験)における不確かさに関する調査研究 成果報告書”
- [6] ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement - Part 3 : Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM : 1995) (JCGM/WG1/100)

(文責：経営企画部 企画課 主幹 田坂太一)

ISO 9001 登録事業者

ISO 審査本部では、下記企業（1件）の品質マネジメントシステムをISO9001（JIS Q 9001）に基づく審査の結果、適合と認め平成27年12月11日付で登録しました。これで、累計登録件数は2269件になりました。

登録事業者（平成27年9月4日付）

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住 所	登録範囲
RQ2269	2015/12/11	ISO 9001:2008 (JIS Q 9001:2008)	2018/9/14	日本ソーラトン(株) 千葉工場	千葉県袖ヶ浦市南袖40番	ロックウール化粧吸音板の製造

OHSAS 18001 登録事業者

ISO 審査本部では、下記企業（2件）の労働安全衛生マネジメントシステムをOHSAS 18001:2007に基づく審査の結果、適合と認め平成27年12月26日付で登録しました。これで、累計登録件数は74件になりました。

登録事業者（平成27年12月26日付）

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住 所	登録範囲
RS0073	2015/12/26	OHSAS 18001:2007	2018/12/25	(有) 外西建業	鹿児島県肝属郡東串良町川東1543	土木構造物の施工 型枠工事に係る施工
RS0074	2016/1/15	OHSAS 18001:2007	2019/1/14	(株) 西田工業	鹿児島県西之表市西之表3703	土木構造物の施工

ISO 39001 登録事業者

ISO 審査本部では、下記企業（1件）の道路交通安全マネジメントシステムをISO 39001:2012に基づく審査の結果、適合と認め平成27年12月26日付で登録しました。これで、累計登録件数は2件になりました。

登録事業者（平成27年12月26日付）

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住 所	登録範囲
RT0002	2015/12/26	ISO 39001:2012	2018/12/25	中日本ハイウェイ・ エンジニアリング 東京(株)	東京都新宿区西新宿1-23-7 新宿ファーストウエスト9階 <関連事業所> 道路技術事務所、東名高速事務所、横浜道路事務所、 御殿場道路事務所、富士道路事務所、静岡道路事務所、 浜松道路事務所、小田原道路事務所、中央高速事務所、 八王子道路事務所、大月道路事務所、甲府道路事務所、 松本道路事務所、海底トンネル管理室	業務用車両の運行

ISO 55001 登録事業者

ISO 審査本部では、下記企業（1件）のアセットマネジメントシステムをISO 55001:2014に基づく審査の結果、適合と認め平成27年12月26日付で登録しました。これで、累計登録件数は1件になりました。

登録事業者（平成27年12月26日付）

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住 所	登録範囲
RA0001	2015/12/26	ISO 55001:2014	2018/12/25	(株) 田名部組 アセットマネジメント部門	青森県八戸市石堂二丁目11-21	太陽光発電所の運営 及び維持管理業務

JIS マーク表示制度に基づく製品認証登録

製品認証本部では、下記企業（4件）について平成27年12月7日付でJIS マーク表示制度に基づく製品を認証しました。

<http://www2.jtccm.or.jp/jismark/search/input.php>

認証登録番号	認証契約日	JIS 番号	JIS 名称	工場または事業場名称	住 所
TC0215001	2015/12/7	JIS A 5372	プレキャスト鉄筋コンクリート製品	中栄コンクリート工業(株) 五戸工場	青森県三戸郡五戸町字応田14
TC0315005	2015/12/7	JIS A 5372	プレキャスト鉄筋コンクリート製品	三和コンクリート工業(株) 三和工場	茨城県古河市仁連1347番地
TC0315006	2015/12/7	JIS G 3350	一般構造用軽量形鋼	相互金属(株) つくば加工センター	茨城県筑西市向上野1500-33
TCVN15003	2015/12/7	JIS A 5908	パーティクルボード	Vina Eco Board Co Ltd.	D2-D7 Phu An Thanh IP, Ben Luc Long An Province Vietnam

建築基準法に基づく構造方法等の性能評価

性能評価本部では、平成27年10月～12月の期間において、下記のとおり建築基準法に基づく構造方法等の性能評価書を発行しました。

性能評価完了状況（平成27年10月～12月）

※暫定集計件数

分 類	件 数
防火関係規定に係る構造方法（耐火・準耐火・防火構造、防火設備、区画貫通部措置工法、屋根飛び火等）	119
防火材料（不燃・準不燃・難燃材料）およびホルムアルデヒド発散建築材料（F☆☆☆☆等）	34
その他の構造方法等（耐力壁の壁倍率、界壁の遮音構造、指定建築材料（コンクリート等）等）	3

あ と が き

建材試験 情報

2
2016 VOL.52

建材試験情報 2月号
平成28年2月1日発行

発行所 一般財団法人建材試験センター
〒103-0012
東京都中央区日本橋堀留町2-8-4
日本橋コアビル
<http://www.jtccm.or.jp>

発行者 村山浩和
編集 建材試験情報編集委員会
事務局 経営企画部 企画課
TEL 048-920-3813
FAX 048-920-3821

本誌の内容や記事の転載に関するお問い合わせは事務局までお願いします。

建材試験情報編集委員会

委員長

田中享二（東京工業大学・名誉教授）

副委員長

砺波 匡（建材試験センター・理事）

委員

石井俊靖（同・総務課主任）

中村則清（同・調査研究課課長代理）

志村明春（同・材料グループ主幹）

伊藤嘉則（同・構造グループ統括リーダー代理）

穴倉大樹（同・防耐火グループ）

鈴木秀治（同・工事材料試験所主幹）

深山清二（同・ISO審査本部主任）

南 知宏（同・性能評価本部主幹）

中里侑司（同・製品認証本部課長代理）

大田克則（同・西日本試験所主幹）

事務局

鈴木澄江（同・経営企画部副部長）

田坂太一（同・企画課主幹）

佐竹 円（同・企画課主任）

靄岡美穂（同・企画課）

制作協力 株式会社工文社

つい最近の事ですが、コンクリート基礎の現場試験を実施するため、工事中の戸建て住宅の現場に出向く機会がありました。私事ですが、昨年11月に東京都から神奈川県へと引越したばかりであったため、最近の戸建て住宅はどのような作りになっているのかとても関心がありました。試験終了後、少し建物内部を見学させて頂きました。工事中という事もあり、壁や床下部分も見ることが出来ました。

その中で注目したのが断熱性能を高めるためにガラス窓には複層ガラス、コンクリート基礎の立ち上がり部分にはスタイロフォーム板が張り付けられ、建物内部の熱を外部に逃がさない仕様の施工がされており、冬でも快適そうな印象を受けました。

なぜこのような事を書かせて頂いたかといいますと、現在の住まいがとても「寒い」のです。引越した当初は特に気にしていませんでしたが、冬本番を迎えたあたりから、家の中で暖房器具をフル活用していても、床下や窓からの冷気が強く、「寒い」状態が改善されません。ホームセンターへ行くと窓ガラスに貼り付けるタイプの断熱シート等の省エネグッズが売られていたので、購入しようか検討したのですが、見た目の問題からか妻が導入にOKしてくれず泣く泣くあきらめました。

とりあえず、体の熱を逃がさないように厚着をして、自分自身の断熱性能を高めることにしました。まだまだ寒い日が続きます。読者の皆様も体調を崩さないようにご自愛ください。

鈴木（秀）

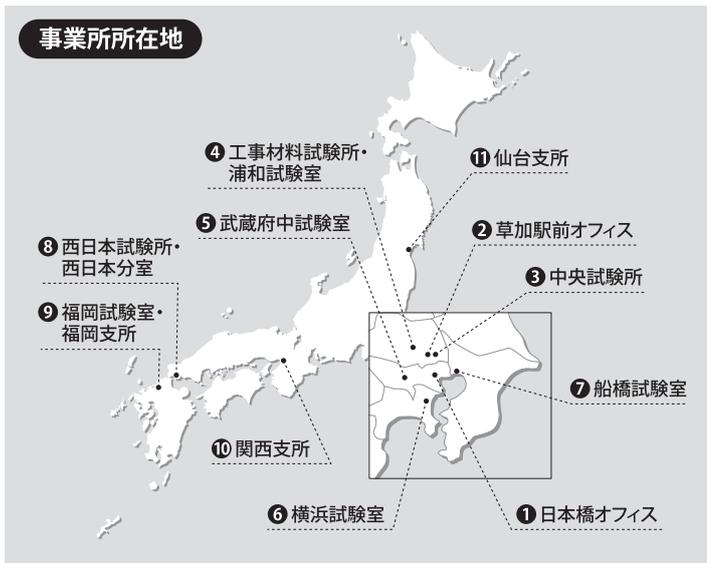
編集をより

近年、ドームやスタジアムなどのスポーツ施設や大規模空間の屋根として膜材料が使われています。また、膜構造用ETFEフィルムが指定建築材料に加わり、建築物への用途の拡大が期待されています。

今月号では、「膜構造建築物に用いるETFEフィルムの防火性能」と題し、太陽工業株式会社 齊藤嘉仁氏にご寄稿いただきました。本稿では、膜材料の種類・特徴から法規制、ETFEフィルムの防火性能まで多岐にわたる内容をわかりやすくご紹介いただいております。日本では、屋根や壁の材料として使用されるためには防火上問題のないことが必要とされています。新しい建材の防火性能の評価は、建築物の安全性を確立する上で重要な課題となっています。

当センターでは、建材・部材などの品質性能試験や建築基準法に基づく性能評価などを行っております。これらの業務をつうじて、新しい材料の開発に貢献できるよう取り組んでまいります。

（佐竹）



1 日本橋オフィス

〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町2-8-4
日本橋コアビル5階

ISO審査本部

審査部

TEL:03-3249-3151 FAX:03-3249-3156

開発部・GHG検証業務室

TEL:03-3664-9238 FAX:03-5623-7504

製品認証本部

TEL:03-3808-1124 FAX:03-3808-1128

最寄り駅から

- ・東京メトロ日比谷線・都営地下鉄浅草線人形町駅 (A4出口)より徒歩3分
- ・都営地下鉄新宿線馬喰横山駅 (A3出口)より徒歩5分
- ・JR総武本線快速馬喰町駅 (1番出口)より徒歩7分
- ・JR各線・新幹線東京駅 (八重洲中央口)からタクシーで約15分

2 草加駅前オフィス

〒340-0015 埼玉県草加市高砂2-9-2 アコス北館Nビル
性能評価本部 (6階)

TEL:048-920-3816 FAX:048-920-3823

総務部 (3階)

TEL:048-920-3811 (代) FAX:048-920-3820

経営企画部 (6階)

企画課

TEL:048-920-3813 FAX:048-920-3821

調査研究課

TEL:048-920-3814 FAX:048-920-3821

顧客サービス室

TEL:048-920-3813 FAX:048-920-3821

検定業務室

TEL:048-920-3819 FAX:048-920-3825

最寄り駅から

- ・東武スカイツリーライン草加駅 (東口)より徒歩1分

3 中央試験所

〒340-0003 埼玉県草加市稲荷5-21-20

TEL:048-935-1991 (代) FAX:048-931-8323

管理課

TEL:048-935-2093 FAX:048-935-2006

材料グループ

TEL:048-935-1992 FAX:048-931-9137

構造グループ

TEL:048-935-9000 FAX:048-931-8684

耐火火グループ

TEL:048-935-1995 FAX:048-931-8684

環境グループ

TEL:048-935-1994 FAX:048-931-9137

校正室

TEL:048-931-7208 FAX:048-935-1720

▶ 右段へつづく

最寄り駅から

- ・東武スカイツリーライン草加駅 (東口)または松原団地駅 (東口)からタクシーで約10分

高速道路から

- ・常磐自動車道・首都高速三郷IC (西口)から約10分
- ・東京外環自動車道草加ICから国道298号線を三郷方面に向かい約15分

4 工事材料試験所・浦和試験室

〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島2-12-8

管理課 / 品質管理室

TEL:048-858-2841 FAX:048-858-2834

浦和試験室

TEL:048-858-2790 FAX:048-858-2838

住宅基礎課

TEL:048-858-2791 FAX:048-858-2836

最寄り駅から

- ・JR埼京線南与野駅 (西口)より徒歩15分

5 武蔵府中試験室

〒183-0035 東京都府中市四谷6-31-10

TEL:042-351-7117 FAX:042-351-7118

最寄り駅から

- ・京玉線中河原駅よりバスで約15分
四谷六丁目循環バス四谷六丁目下車し徒歩2分
- ・都営泉2丁目バス四谷泉下車し徒歩1分

高速道路から

- ・中央自動車道国立府中ICから約5分

6 横浜試験室

〒223-0058 神奈川県横浜市港北区新吉田東8-31-8

TEL:045-547-2516 FAX:045-547-2293

最寄り駅から

- ・横浜市営地下鉄新羽駅 (出口1または出口2)より徒歩15分
- ・東急東横線綱島駅よりバスで約15分
新横浜駅行、新羽駅行、新羽営業所行バス貝塚中町下車し徒歩約2分

7 船橋試験室

〒273-0047 千葉県船橋市藤原3-18-26

TEL:047-439-6236 FAX:047-439-9266

最寄り駅から

- ・JR武蔵野線船橋法典駅よりバスで約10分
桐畑・市川営業所行、桐畑・中沢経由ファイターズタウン鎌ヶ谷行バス藤原5丁目下車し徒歩3分

8 西日本試験所

西日本分室 (製品認証本部)

〒757-0004 山口県山陽小野田市大字山川

TEL:0836-72-1223 (代) FAX:0836-72-1960

最寄り駅から

- ・JR山陽本線・山陽新幹線厚狭駅からタクシーで約5分

高速道路から

- ・山陽自動車道増生ICから国道2号線を小郡・広島方面に向かい約5分
- ・山陽自動車道山口南ICから国道2号線を下関方面に向かい約40分
- ・中国自動車道美祿西ICから国道65号線を国道2号線 (山陽方面)に向かい約15分

9 福岡試験室 (西日本試験所)

福岡支所 (ISO審査本部)

〒811-2205 福岡県糟屋郡志免町別府2-22-6

福岡試験室 (西日本試験所)

TEL:092-622-6365 FAX:092-611-7408

福岡支所 (ISO審査本部)

TEL:092-292-9830 FAX:092-292-9831

最寄り駅から

- ・福岡市営地下鉄福岡空港駅より徒歩10分
- ・JR各線・新幹線博多駅よりバスで約20分
- ・西鉄バス (30, 32, 33番路線) 別府で下車し徒歩1分

高速道路から

- ・九州自動車道福岡ICから都市高速または国道201号線を福岡方面に向かい約20分
- ・九州自動車道太宰府ICから国道3号線を福岡空港国内線ターミナル方面に向かい約20分
- ・福岡都市高速空港通ランプを福岡空港国内線ターミナル方向に向かい約5分
- ・福岡都市高速榎田ランプを福岡空港国内線ターミナル方面に向かい約10分

10 関西支所 (ISO審査本部)

〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原2-14-14

新大阪グランドビル10階

TEL:06-6350-6655 FAX:06-6350-6656

最寄り駅から

- ・市営地下鉄御堂筋線東三国駅 (4番出口)より徒歩2分
- ・JR東海道新幹線・山陽新幹線新大阪駅 (新幹線中央改札出口)より徒歩8分

11 仙台支所

〒980-0014 宮城県仙台市青葉区本町3-5-22

宮城県管工事会館7階

TEL:022-281-9523 FAX:022-281-9524

最寄り駅から

- ・仙台市営地下鉄勾当台公園駅 (北2出口)より徒歩5分
- ・JR各線・新幹線仙台駅 (西口)より徒歩20分



一般財団法人
建材試験センター
Japan Testing Center For Construction Materials

<http://www.jtccm.co.jp>

建材試験センター	検索
----------	----