

建材試験 情報 2026.3・4

VOL.
62

J T C C M J O U R N A L (N O . 6 7 0)

ご挨拶

2026年度初頭のご挨拶／渡辺 宏
2026年度に向けて／真野孝次

特集

多様化に向けたALCパネルの最前線

— JIS A 5416の改正と最新技術 —

寄稿

建築分野におけるコンクリートの品質管理に係わる主な技術基準類の動向／棚野博之

特別企画

あの人に聞いてみた!／中山聡子様

【新】連載

住宅等を対象とする暖冷房の省エネルギー性能にかかわる計測技術／加藤信介



- 特集 ● **02** **ご挨拶**
2026年度初頭のご挨拶
理事長 渡辺 宏
2026年度に向けて
常務理事・事務局長 真野孝次
- 寄稿 ● **04** **建築分野におけるコンクリートの品質管理に係わる
主な技術基準類の動向**
国立研究開発法人建築研究所 元・材料研究グループ長 棚野博之
- **09** **職員紹介** — 工事材料試験ユニット 工事材料試験所 武蔵府中試験室 室長代理 菅田健太郎 —
- 特集 ● **10** **多様化に向けたALCパネルの最前線 — JIS A 5416の改正と最新技術 —**
寄稿
ALC(高温高圧蒸気養生された軽量気泡コンクリート)パネルの概略
一般社団法人ALC協会 専任技術委員 三浦且義
- **14** **寄稿**
高頻度にALCパネルの熱的特性を品質管理するための方法
宇都宮大学 地域デザイン科学部 建築都市デザイン学科 准教授 藤本郷史
- **18** **寄稿**
ALCパネルの見掛けの熱伝導率に関する校正熱箱法による測定と
これを再現したCFD解析
東京都市大学 名誉教授 近藤靖史
近畿大学 建築学部 建築学科 教授 長澤康弘
- **26** **寄稿**
ALCパネルの埋込みアンカーの力学特性に関する実験的検討
東京科学大学 総合研究院 教授 吉数祥一
- **30** **規格基準紹介**
JIS A 5416 軽量気泡コンクリートパネル(ALCパネル)の改正について
認証ユニット 企画管理課 課長 兼 認証ユニット 製品認証本部 JIS認証課 参与 鈴木敏夫
- **33** **特別企画**
あの人に聞いてみた!
株式会社日本インシーク 基盤情報事業部 施設マネジメントセクション 道路施設ユニット(東日本) チーム長 中山聡子様
- **36** **国際会議報告**
ISO/TC146/SC6(Air Quality/ Indoor Air)東京会議2025報告
九州大学 総合理工学研究院 環境理工学部門 教授 伊藤一秀
- **44** **国際会議報告**
ISO/TC163/SC1(Thermal performance and energy use in the built environment/
Test and measurement methods)会議報告2025
経営企画部 企画調査課 参事 兼 経営戦略課 参事 中里佑司
- 連載 ● **50** **住宅等を対象とする暖冷房の省エネルギー性能にかかわる計測技術**
1 長さ、質量、熱量などに係る物理計測の基本
東京大学 特命教授・名誉教授 加藤信介
- **56** **試験装置図鑑**
- **58** **REGISTRATION**

2026年度初頭のご挨拶

理事長

渡辺 宏



平素から格別のお引き立てを賜り心から感謝申し上げます。

この一年を振り返りますと、昨年9月に台風15号の来襲に伴って発生した国内最大規模の竜巻による住宅被害、労務費の上昇や技術者不足、建設費高騰による建築プロジェクト遅延、建築基準法脱炭素大改正による住宅市場への影響など、建設業界が大きく揺れ動いた一年であったと認識しております。かかる状況下におきましても、わが国建設産業の健全な発展に寄与するとともに国民生活の向上に貢献するという弊センターの使命はますます重要度を増していると認識しております。弊センターとしてしっかりと貢献をして参りたいと思っております。

グリーンTRANSフォーメーションへの対応に伴う試験、認証、評価、証明等のニーズの変化など、お客様、社会の開発ニーズは常に変化をしてくる中で、その変化を踏まえた新たな技術評価制度の導入、社会的ニーズを考慮した試験装置・機器類の整備を進めてまいります。併せて、試験・評価に関するワンストップサービスを推進してまいります。

試験結果が判明した時点で既に当該材料が実構造物に施工されている工事用材料試験においては、試験結果によっては施工をやり直す必要が生じますが、それこそが工事用材料試験の存在意義であることに常に心をいたし、引き続き緊張感をもって試験に臨んでまいります。横浜試験室の試験業務を武蔵府中試験室等に集約化することで効率性を向上させ、更に信頼性の高い試験の実施を図ってまいります。また、弊センターの第三者性を幅広いお客様に訴求していくべく、デジタル技術の進展を踏まえて、弊センターの試験管理システムを、建築物の施主様も含めたお客様からの信頼性、利便性、迅速化を図るため、システムの高度化を図り、我が国の建築物の安全安心に貢献してまいります。

弊センターの第三者性を活かし、お客様のニーズに耳を傾け、建築材料の製品認証やマネジメントシステムの認証、確かな品質の審査を提供し、建設産業の健全な発展に積極的に寄与してまいります。

弊センターは第三者性を軸として、日本と日本人の底力ですべての人が安心と安全を感じる社会の構築を支え、希望にあふれる国づくりに貢献してまいります。また、人財尊重を基軸とした国づくりにも弊センターはしっかりと貢献してまいります。どうぞ引き続き、お客様各位のご指導鞭撻をよろしくお願いいたします。

2026年度に向けて

常務理事・事務局長

真野孝次



建材試験センターの2025年度第3四半期までの事業実績は、お客様各位のご愛顧により堅調に推移しております。この誌面をかりまして厚く御礼申し上げます。また、2025年10月に取りまとめた執行見込みによりますと、経常収益の見込額は約42.6億円と予算を0.7億円程度上回ると予測しています。一方、経常損益の見込額については、人件費や諸物価高騰の影響が大きく、予算を0.5億円程度下回る約3.0億円になると見込んでいます。

2026年度は、前年度に引き続き、2023年度に策定した中期計画である「発展計画2023」に基づき、業務の効率化や新規展開、事業所間の連携強化、積極的な営業活動等の実施を継続するとともに、試験・評価・審査等の早期かつ確かな実施と迅速な報告書作成等によりお客様の満足度の向上に努めてまいります。

基幹システム及び業務支援システムについては、「IT化、クラウド化からDX化へ」を念頭に整備を進め、基幹システムについては2025年度中に全ユニットで概ね全面運用に至っております。今後、業務の早期かつ確かな実施はもちろん、お客様の利便性の向上に大いに寄与すると期待しています。また、「業務支援システム」については、開発当初の目的であった「試験設備機器の点検記録管理機能」に様々な機能を付加し、将来的には、設備と資産をネットワーク化し、一元管理する情報集約プラットフォームを目指しています。

一方、中央試験所の施設整備につきましては、「工材・材料試験棟(2027年度建設予定)」の事前工事として、既存試験棟の解体工事を予定しています。来所されるお客様の安全確保を第一に、当該工事を計画どおり実施してまいります。また、猛暑対策として「構造試験棟」及び「動風圧試験棟」に「輻射式エアコン」の導入を計画しています。同エアコンの導入に伴い、両試験棟の試験環境が整備されるとともに、試験に立ち会われるお客様や試験体製作に携わる皆様の負担軽減(熱中症対策)に繋がると期待しております。

また、工事材料試験所におきましては、横浜試験室と武蔵府中試験室を統合し、新たな体制で、お客様からのご依頼・ご要望にお応えすることになりました。長年に渡り、横浜試験室をご愛顧頂いたお客様各位に対しまして、この場をお借りして深く感謝申し上げます。引き続き、武蔵府中試験室のご利用をお願い申し上げます。

2026年度予算につきましては、事業需要の減少、製品認証事業の3年周期のボトム年、人件費や諸物価高騰の影響等を踏まえ、経常収益は約41.5億円(前年度予算比、約0.4億円減)、経常費用は約39.7億円(同1.3億円増)、経常損益は約1.8億円(同1.7億円減)と厳しい予算編成となっております。

今後とも引き続き、お客様各位のご愛顧をお願い申し上げます。

(注：2026年度予算額については、原稿執筆時点での暫定値です。)

建築分野におけるコンクリートの品質管理に係わる主な技術基準類の動向



国立研究開発法人建築研究所 元・材料研究グループ長

棚野博之

1. はじめに

建築分野における鉄筋コンクリート造建築物の設計から材料選択、施工、維持管理に至るコンクリート工事の品質管理に係わる試験や検査、調査等は、ほとんどが建築基準法令、日本産業規格 (JIS) ならびに日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事」¹⁾ (以下、JASS 5 と略す) とその関連仕様書・指針類に規定される試験・検査・調査方法に従い、または準じる形で行われている。

また、建築基準法令は、制定時にいくつかの例示が行われ、さらに工学的知見の蓄積状況等を踏まえて特別な調査・研究による適合判断を可能とするただし書等を設けている場合があるが、その適用判断においては、工学的な妥当性を示す根拠資料が必要となる。根拠資料としては、技術評価による証明書等の他、技術的助言 (国土交通省) 等で引用されている指針・規準類がその一つで、コンクリート工事関係では JASS 5 を含む日本建築学会の関連仕様書・指針類が代表的な例として挙げられる。

一方、2000年の建築基準法第37条の改正や、2004年の工業標準化法の改正と2005年のJISマーク表示制度の改正に伴って、JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート) が2007年に、JIS Q 1011 (適合性評価-日本工業規格への適合性の認証-分野別認証指針 (レディーミクストコンクリート)) が2009年に改正されたことで、日本建築学会のコンクリート工事関連仕様書・指針類も改定、制定が行われた。

例えば、「コンクリートの品質管理指針・同解説」²⁾ (以下、品質管理指針と略す) は、1976年に制定された同学会「コンクリートの調査設計・調査管理・品質検査指針案・同解説」から調査管理と品質検査を独立させて1991年に制定され、1999年にISO 9000 シリーズの考え方を品質保証システムへ導入するための最初の改定が行われたが、後述するように、近年のコンクリートの品質とその管理方法を取り巻く

環境の急速な変化等により、2015年に改定が行われている。

また、現在のJASS 5は1953年 (昭和28年) に第1版が制定され、その後おおよそ5年に1度の小改定と、10年に1度の大改定を経て、2022年に大改定となる第16版が発刊されている。

2007年には、材料・施工分野の技術者や研究者、学生等を対象に、鉄筋コンクリート工事の躯体工事で使用するレディーミクストコンクリート、鋼材、型枠材料などの材料とその施工に係わる品質管理のための測定方法や試験方法、ならびに既存の鉄筋コンクリート造建築物の保全・修繕計画および修繕工事のための構造躯体のコンクリートおよび鋼材に対応した劣化調査方法等を解説した「鉄筋コンクリート造建築物の品質管理および維持管理のための試験方法」³⁾ の初版が発刊され、2024年には第1回目の改訂版が発刊されている。

さらに、同学会材料施工分野では、建築生産へのデジタル技術、ICT技術等の普及を目的に、2025年度より「RC工事へのデジタル技術適用研究小委員会」、「建設3Dプリンディング建築物の生産・施工研究小委員会」が設けられ、鉄筋コンクリート工事へのデジタル技術の適用に関する技術的現状の取り纏め等の作業が行われている。

以下では、2000年以降に行われた上記日本建築学会のコンクリート工事関連仕様書・指針類の制定・改定の概要と、品質管理指針の次期改定に向けた最近の状況について紹介する。

2. 日本建築学会「コンクリートの品質管理指針: 2015」²⁾

前述した2000年以降のコンクリートの品質とその管理方法を取り巻く環境の急速な変化により、社会資本を形成する重要材料としての信頼性および建築基準法第37条に規定される指定建築材料としての品質保証のあり方に対応するため、2015年に2回目の改定が行われ、主に以下のような変更・追加が行われている。

2.1 コンクリートの分類

1999年版では、コンクリートの種類および品質は、JIS A 5308規格品と同規格外品に分類されていたが、建築基準法第37条の改正に伴い、指定建築材料としてのコンクリートはJIS A 5308適合品と国土交通大臣認定品の何れかに分類された。また、JIS A 5308適合品は、JISマーク表示製品とJISマーク表示製品でないものとに細分類され、工場の調査・選定、発注などの取扱い方法の違いが整理された。

2.2 コンクリートの圧縮強度の検査

コンクリートの圧縮強度の検査には、JIS A 5308に規定されるレディーミクストコンクリートの製品検査、JASS 5に規定される使用するコンクリートの受入検査、建築基準法令に基づく構造体コンクリートの圧縮強度の確認のための検査、およびせき板や支保工の取外しあるいは湿潤養生の打切りのための圧縮強度の確認のための検査がある。このうち製品検査、受入検査および構造体コンクリートの圧縮強度検査に使用される供試体の採取方法と養生方法として、新たに、これら供試体を併用する下記の方法が追加された。

—— 10章 コンクリートの圧縮強度の検査²⁾ ——

10.1 総則

g. 構造体コンクリートの圧縮強度の検査用の供試体の養生方法を標準養生とする場合は、受入検査用の供試体と併用することができる。併用する場合は、品質管理計画書に明記し、工事監理者の承認を得る。

解説表10.1.1 試料採取における「併用」、「併用しない」場合の比較

1日の打込み量の目安	試料採取	従来の方法 (パターン①)				完全併用型 (パターン②)		
		受入検査 検査ロット	標準養生	構造体コンクリート検査 検査ロット	現場水中養生 現場封かん養生	本数	検査 ロット	受入検査 =構造体 (標準養生)
0~450m ³	0~150 m ³	450m ³	○	150m ³	18	○	○	9
	○		○	○		○		
	○		○	○		○		
0~150 m ³	○	150m ³	○	○	○	○	○	
0~150 m ³	○	150m ³	○	○	○	○	○	

10.4 構造体コンクリート強度の検査

a. 構造体コンクリート強度の検査は、以下のA法（構造体コンクリート強度の検査と受入検査を併用しない場合）およびB法（構造体コンクリート強度の検査と受入検査を併用する場合）のいずれかによる。

b. A法による構造体コンクリート強度の検査は、以下による。

(1) 1検査ロットは、1回の試験で構成する。

.....

(4) 構造体コンクリート強度の検査における圧縮強度の判定は、1回の試験ごとに表10.1により行う。

表10.1 A法における構造体コンクリート強度の判定基準

供試体の養生方法	試験材齢 ¹⁾	判定基準
標準養生	調合強度を定めるための基準とする材齢	$X \geq F_q + mS_n$
現場水中養生	28日	平均気温が20°C以上の場合: $X \geq F_q + mS_n$ 平均気温が20°C未満の場合: $X \geq F_q + 3$
現場封かん養生	28日を超え91日以内	$X \geq F_q + 3$

X : 1回の試験における3個の供試体の試験の平均値(N/mm²)
 F_q : コンクリートの品質基準強度(N/mm²)
 mS_n : 標準養生した供試体の材齢m日における圧縮強度と構造体コンクリートの材齢n日における圧縮強度の差による構造体強度補正值(N/mm²)

c. B法（構造体コンクリート強度の検査と受入検査を併用する場合）による構造体コンクリート強度の検査は、以下による。

(1) 1回の試験は、1検査ロットをほぼ均等に3分割して行う。

(2) 1検査ロットは、打込み工区ごと、打込み日ごとに構成する。ただし、1日の打込み量が450m³を超える場合は、450m³以下にほぼ均等に分割した単位ごとに構成する。また、高強度コンクリートの場合は、1日の打込み量300m³を超える場合は、300m³以下にほぼ均等に分割した単位ごとに構成する。

(3) 採取した試料については、スランブまたは・・・測定する。

(4) 圧縮強度試験の方法は、下記①~⑥による。

① 供試体作製のための試料は、7.4節で採取した試料と同一の試料とする。

② 1回の試験のための供試体は、同一試料から3個採取する。ただし、1日の打込み量が150m³以下の場合、1個とすることができる。

③ 供試体の作製は、JIS A 1132（コンクリートの強度試験用供試体の作り方）による。

④ 供試体の養生方法は、標準養生とする。

⑤ 圧縮強度試験の材齢は、調合強度を定めるための基準とする材齢とする。

⑥ 圧縮強度試験は、JIS A 1108による。試験結果は、3個の供試体の試験結果の平均値で表す。

(5) 構造体コンクリート強度検査における圧縮強度の判定は、1回の試験ごとに、表10.2により行う。

表10.2 B法における構造体コンクリート強度の判定基準

養生方法	試験材齢	判定基準	
		1台の運搬車から3個ずつ採取した場合	1台の運搬車から1個ずつ採取した場合
標準養生	調合強度を定めるための基準とする材齢(28日)	① 1回の試験結果は、 調合管理強度の85%以上 であること。 ② 3回の試験結果の 平均値は、調合管理強度以上 であること。	調合管理強度以上

- (6) 構造体コンクリート強度の検査が合格の場合は、受入検査も合格とする

2.3 乾燥収縮率やヤング係数などが設計図書で要求された場合の工事開始前のレディーミクストコンクリート工場の選定やコンクリートの性能の確認方法が規定された。

2.4 JASS 5の改定に伴い、かぶり厚さの検査が拡充された。

2.5 JIS A 5308:2014の改正に伴い、スラッジ水や回収骨材の扱いが追記された。

2.6 生コン工場で実際に行われている管理方法を参考に、使用材料の管理や製造の管理、製造設備および試験機器設備の管理方法(試験・検査方法)が本文に追記され、各管理項目の試験・検査方法は表形式で規定された。

3. 日本建築学会「JASS 5(鉄筋コンクリート工事標準仕様書):2022」¹⁾

2022年の改定では、性能に基づく規定・検査の推進やIT活用による施工・品質管理の合理化・効率化などが基本方針として掲げられ、コンクリートの品質管理については主に以下のような改定・追加が行われている。

3.1 3節「コンクリートの種類および品質」

新たに2.7項で、資源循環性と低炭素性、環境安全性で構成される環境性の導入、およびそれらの要求性能が規定された事に伴い、3.9項で資源循環等級(使用材料ごとのサブ等級ポイントの合計によって算出)、低炭素等級(使用する結合材の種類によって算出)および環境安全性の評価方法が規定された。さらに資源循環等級については、特記がない場合に工事監理者の承認事項が追加された。

3.2 6節「コンクリートの発注および受入れ」

建築現場で使用されるレディーミクストコンクリートは、ほとんどJISマーク表示製品であることから、6節からレディーミクストコンクリートの製造・運搬・品質管理等に関する記述が削除され、「コンクリートの発注および受入れ」に変更された。

3.3 8節「養生」

湿潤養生の期間の表に高炉セメントB種相当、フライアッシュセメントB種相当などが追加された。また、コンクリート打込み後に散布する養生剤に対応して、新たにJASS 5 T-407(コンクリート養生剤の水分逸散抑制効果試験方法)とその運用方法が追加された。

3.4 11節「品質管理および検査」

- (1) 工事監理者の承認を受けたうえで、新しい品質管理方法(IT/ICT、センサ技術、他)が適用できるように以下のように11.1b項の下線部分に変更された。

——— 11節 品質管理および検査／11.1 総則 ———

b. 試験・確認および検査の項目方法および回数は、特記によるか、または本節に定める規定による。特記がなく、本節の規定によらない場合は、試験・確認および検査の項目方法および回数を定め、工事監理者の承認を受ける。

- (2) 「使用するコンクリートの検査」では、環境性の各等級に応じて以下の項目と気乾単位容積質量を配合計画書で確認することが追記された。

- ・資源循環性：練混ぜ水の種類、結合材の種類および混和材の質量分率、細骨材および粗骨材における副産物起源の骨材の混合率
- ・低炭素性：結合材の種類および混和材料の質量分率
- ・環境安全性：使用する骨材等の環境安全品質

- (3) 「受入れ時の検査」では、納入されるコンクリートがJISマーク表示製品の場合、塩化物イオン量の検査をレディーミクストコンクリート工場の製造管理のための試験結果で代替してよいことが追記された。

- (4) 「構造体コンクリート強度の検査」では、2015改定の品質管理指針²⁾を参考に、受入検査に使用する供試体と構造体コンクリートの圧縮強度検査に使用する供試体を併用できる方法(A法)を示し、コンクリート強度の検査の合理化が図られた。なお、ここで言うA法は、品質管理指針²⁾のB法(構造体コンクリート強度の検査と受入検査を併用する場合)に相当するものである。

A法を用いる場合には、以下の事項をもとに、レディーミクストコンクリート工場の品質管理とその製品の品質が良好であることを確認し、工事監理者の承認を受けなければならない。

- 1) 使用するコンクリートがJIS A 5308の認証を受けていること。
- 2) 使用するコンクリートの出荷実績が一定量あること。一定の出荷実績とは、
 - ・同調合のコンクリートを直近一年間で複数回出荷
 - ・一日の出荷量が、当該工事で一日に予定している最大の打込み量と同程度かそれ以上
- 3) レディーミクストコンクリートの品質管理状況が良好であること。
 - ・ \bar{x} -R管理図や \bar{x} -s管理図などから、管理状況に異常が生じていないこと。

4. 日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の品質管理および維持管理のための試験方法」³⁾

2007年の初版以降、日本建築学会ではJASS 5が大改定

を含め4回、関連する材料・施工関係の指針類の改定、維持保全標準JAMSの刊行が行われ、初版に記載される試験・検査でも適切な品質管理・保全が行えない可能性が散見されるようになってきたため、RC造建築物の設計・施工段階から維持・解体に至るまでの同会規準類や建築基準法令を含む実務的な試験・検査・評価方法を対象に、初版以降の既存規格類の改廃や新規提案、規格化された試験・検査方法へ対応するため、2024年に改訂が行われた。コンクリートの施工段階については、主に以下のような改定・追加が行われている。

- 1) JASS 5等の改定に基づき、一般的なRC工事での管理項目と各種試験・検査についての見直し。
- 2) コンクリート用材料および補強材料(溶融亜鉛めっき鉄筋、エポキシ樹脂鉄筋、他)に関する既存規格類の制改廃を追記・修正。
- 3) JISA 1123等のフレッシュコンクリートに関する既存規格類の制改廃を追記・修正。
- 4) JISA 1157やJCI-S-010等の硬化コンクリートに関する新規規格類の追加、既存規格類の制改廃を追記・修正。
- 5) JASS 5 T-503に基づく打込み時の沈降量試験方法やRC工事に関連する既存規格類の制改廃を追記・修正。
- 6) JASS 5 T-608の原案であるCTM-13:2007(電磁誘導法によるコンクリート中の鉄筋位置および鉄筋径の測定方法)やCTM-12:2024(電磁波レーダ法によるコンクリート中の鉄筋位置の測定方法)などコンクリート中の鉄筋位置測定方法の追加と、既存規格類の制改廃を追記・修正。

5. 日本建築学会材料施工分野におけるDX(デジタル技術、ICT技術、他)に係わる最近の動向

日本建築学会の材料施工分野では、建築生産へのデジタル技術、ICT技術等の普及を目的に、近年以下のような研究活動(カッコ内は設置期間と設置目的など)が行われている。

- 1) デジタルファブリケーションによるRC工事研究小委員会(2021.4~2025.3、DF等関連技術の現状調査、RC工事に活用可能な技術と課題の整理、ロードマップ等の作成、他)
- 2) VDC・BIM小委員会(2024.4~2028.3、施工段階でのBIM活用の事例調査、他)
- 3) 建築生産スマートイノベーション小委員会(2023.4~2025.3、情報化による建築生産の省力化・自動化に対する技術者・技能者の関わり方の変容から、建築生産の新しい生産性についての知見取得、他)

- 4) CA技術小委員会(2021.4~2025.3、建築施工の生産性向上に資する自動化技術やシステム技術などのコンストラクションオートメーション技術の調査・研究など)
- 5) RC工事へのデジタル技術適用研究小委員会(2025.4~2027.3、RC工事へのデジタル技術の適用に関する技術の現状を取り纏め、他)
- 6) 建設3Dプリンティング建築物の生産・施工研究小委員会(2025.4~2029.3、建設3Dプリンティングを建築物に適用する場合の部材生産・施工の技術の現状と実施例、試験項目・方法などの情報を集約した技術支援文書の作成、他)

また、2025年度日本建築学会大会(九州)では材料施工部門・研究協議会(Digital Concrete/デジタルファブリケーションによるRC工事研究小委員会)が開催され、建築工事のDXに向けた下記3段階の事例や仕様書類の方向性なども紹介される中で、デジタル技術を積極的に導入したRC工事の今後の有り様、建設分野での3Dプリンティングに関する標準・指針類の方向性と普及に向けての道筋、などが議論・協議されている。

- 1) デジタイゼーション(アナログ情報のデジタル化)(事例: 図面管理、工事写真記録、検査記録等のデジタル化・検査・センシング・モニタリングのデジタル化・クラウド活用、他)
- 2) デジタライゼーション(業務プロセスのデジタル化)(事例: 施工管理ツール・XR(VR/AR/MR)・IC建機・BIM・デジタルツイン・施工ロボット・3Dプリンティング・生成AI、他)

3) デジタルトランスフォーメーション(DX/業務プロセス全体のデジタル化)(事例: 建築工事の根本的な変革を促すようなデジタライゼーション技術の組合せ→例えば、建設3DプリンティングとBIMの組合せ)また、デジタライゼーションの事例として紹介された、国土交通省が2020年から試行し、2022年に整備された「建設現場における遠隔臨場に関する実施要領(案)/令和4年3月/国土交通省大臣官房技術調査室」(最新版は令和6年3月)(以下、遠隔臨場の実施要領(案)と略す)⁴⁾について、現状は土木現場での適用が先行しているが、建築現場での試用も始まっていることから、その概要を以下に記す。

————— 遠隔臨場の実施要領(案)⁴⁾ —————

2.1 目的 本要領は、公共工事の建設現場において「段階確認」、「材料確認」と「立会」を必要とする作業に遠隔臨場を適用して、受発注者の作業効率化を図るとともに、契約の適正な履行として施工履歴を管理するために、以下の

事項を定めるものである。1) 適用の範囲、2) 遠隔臨場に使用する機器構成と仕様、3) 遠隔臨場による段階確認等の実施及び記録と保管

解説：遠隔臨場とは、動画撮影用のカメラ（ウェアラブルカメラ等）によって取得した映像及び音声を利用し、遠隔地からWeb会議システム等を介して「段階確認」、「材料確認」と「立会」を行うことをいう。

2.2 適用範囲 本要領は、所定の性能を有する遠隔臨場の機器を用いて、『土木工事共通仕様書』に定める「段階確認」、「材料確認」と「立会」を実施する場合に適用する。

解説：

- (1) 段階確認：・・・「3-1-1-4 監督職員による確認及び立会等」に定める「段階確認の臨場」において、「監督職員は、設計図書に定められた段階確認において臨場を机上とすることができる。」の事項に該当し、動画撮影用のカメラ等を用いて、その内容について契約図書との適合を確かめる方法を記載したものである。なお、この方法は上記事項に記載されている「受注者は、監督職員に施工管理記録、写真等の資料を提示し確認を受けなければならない。」の事項に該当するものである。・・・
- (2) 材料確認：・・・「第2節 工事材料の品質」の「1. 一般事項」及び「4. 見本・品質証明資料」による品質確認及び現物による確認を記載したものである。現物による確認においては、動画撮影用のカメラとWeb会議システム等を利用することにより、監督職員等が確認するのに十分な情報を得ることができた場合に、従来の現場臨場に代えて、遠隔臨場を利用することが出来るものとする。・・・なお、監督職員等が十分な情報を得られないと判断する場合には、・・・現場臨場による材料確認を実施する。・・・
- (3) 立会：・・・「1-1-1-2 用語の定義」に定める「立会」において「契約図書に示された項目について、監督職員等が臨場により、その内容について契約図書との適合を確かめることをいう。」事項に該当し、この場合における監督職員等が臨場にて行う行為に動画撮影用のカメラの機器を用いて、その内容について契約図書との適合を確かめる方法を記載したものである。・・・カメラとWeb会議システム等を利用することにより、監督職員等が確認するのに十分な情報を得ることができた場合に、従来の現場臨場に代えて、遠隔臨場を利用することが出来るものとする。・・・なお、監督職員等が十分な情報を得られないと判断する場合には、・・・現場臨場による立会を実施する。

6. 「コンクリートの品質管理指針」（仮称）改定に向けて

環境配慮やDX、DFなどによる鉄筋コンクリート工事に対する社会的要求の高まりに伴い、JASS 5他関連指針類の改定や環境配慮型JISの改正・制定、DX等による関連工事の変革・効率化、建築基準法令等の検討が進んでいる。

日本建築学会・材料施工本委員会・鉄筋コンクリート工事運営委員会（以下、RC工事運営委員会と略す）では、2025年4月より「鉄筋コンクリート工事の品質管理のあり方検討WG」を設け、同会の品質管理指針（2015年版）およびRC工事運営委員会で現在活動中の関連小委員会の主要メンバーを中心に、品質管理指針の改定に向けた上記関連情報の早期収集と整理および品質管理の適正化を含めた改定項目案の策定作業を開始した。また、DXや環境配慮、生産性向上等の鉄筋コンクリート工事を取り巻く喫緊の課題に対応すべく、関連各主体から意見を集め、今後の仕様書・指針等における品質管理の方向性について討議するため、2026年度日本建築学会大会（広島）にてパネルディスカッションを開催するための準備を進めている。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5鉄筋コンクリート工事，2022
- 2) 日本建築学会：コンクリートの品質管理指針・同解説，2015
- 3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の品質管理および維持管理のための試験方法，2024
- 4) 国土交通省大臣官房技術調査課：遠隔臨場による工事検査に関する実施要領（案），令和6年3月

<プロフィール>

国立研究開発法人建築研究所 元・材料研究グループ長
 専門分野：コンクリート、新素材・新材料、再生骨材、品質管理、試験・検査方法
 最近の研究テーマ：コンクリートの品質管理、非破壊試験

職員紹介

～バラエティ豊かなバックグラウンドを持つ職員たち～

建材試験センターには、中途採用職員をはじめ、出向経験者など、異なる分野の経験を持つ職員が多くいます。そんな職員たちを順次紹介していきますので、意外な一面を覗いていきましょう。

1. はじめに

工事材料試験ユニット 工事材料試験所 武蔵府中試験室に所属している萱田と申します。工事材料試験所では、主に建築・土木の工事現場で実際に使用されるコンクリートや鉄筋、補修材のモルタル、構造物の基礎部分となる杭の地盤改良材の強度試験を実施しています。また武蔵府中試験室では、道路の舗装工事で使用されるアスファルト混合物の試験も実施しています。

建材試験情報では、これまでに中途採用者の職員紹介をしています。私も中途採用の職員の一人名ですが、前職を離れてから18年経ちます。記憶を辿りながらになりますが、私の前職について紹介いたします。

2. 前職について

2.1 前職の概要及び主な業務内容

- ・事業内容：主に官公庁発注の一般土木、上下水道、道路舗装工事
- ・在籍期間：5年
- ・業務内容：現場の施工管理

前職はゼネコンに勤めていました。会社は元請業者として工事を受注し、私は現場監督として日々現場を走り回っていました。

主な発注者は、国土交通省、東京都、都市再生機構でしたが、なかでも東京都発注の工事が多かったと記憶しています。

土木工事といっても多岐にわたり、当時の会社では、橋梁の架け替えや耐震化を行う橋梁工事、遊歩道・階段・擁壁などを新設する街路整備工事、道路下の下水道管や人孔の入れ替え、シールド工法による幹線新設などの下水道工事、河川堤防を高規格化する護岸工事、その他、造成工事や道路舗装工事など、様々な工事を受注・施工していたと感じます。

私の主な業務は現場の施工管理で、工程・品質・安全・出来形の管理、現場の測量、工事写真の撮影・整理、施工図の作成などを行っていました。

2.2 前職で身に付けた知識、資格など

元請業者として工事を進める中で、特に気を配っていた仕事が品質管理です。使用する材料は、発注者の求める品質を満たしていなければなりません。分かりやすい例とし

てコンクリートがあり、現場で打設した後、28日後に強度試験を実施して目標の強度が出ているか確認します。

現場では様々な材料を使用するので、材料ごとに、品質証明や試験結果をもとに品質管理を行っていました。

現在は、試験を実施して結果を報告する立場になりましたが、現場での品質管理の経験は今でも役立っています。

資格としては、官公庁の土木工事を受注する際の、監理技術者の要件である1級土木施工管理技士を取得しています。

2.3 転職理由、きっかけ

工期を迎え竣工した時は、達成感がありました。様々な現場を経験させてもらい、現場監督として多くのスキルを身に付けることができました。

一方で、当時は日中の現場業務に加え、夜に書類作成や写真整理を行うことも多く、休日も限られていました。そのため、この働き方を長く続けるのは難しいと考えるようになりました。当時、父親にそんなに働いて大丈夫か？と心配されたことを憶えています。

担当していた現場が終わって次の現場が決まる前に退職し、転職活動を始めました。現場監督の経験を別の形で活かせる仕事を探さず、建材試験センターの求人が目に留まり、応募しました。

3. 最後に

記憶を辿りながら簡単ではありますが、前職の紹介をさせていただきました。

前職から、仕事をする上で常に心掛けていることがあります。それは段取りです。「段取り八分、仕事二分」という言葉があるように仕事の八割は段取りで決まるといわれています。段取りをしっかりとっておけば効率的に仕事を進めることができますし、心にも余裕が生まれ、質の高い仕事ができると思っています。これからもこの心掛けを忘れずに業務を進めていければと思っています。



author

萱田健太郎

工事材料試験ユニット 工事材料試験所
武蔵府中試験室 室長代理

<従事する業務>

建築・土木に関連する工食用材料試験

ALC（高温高圧蒸気養生された軽量気泡コンクリート）パネルの概略



一般社団法人ALC協会 専任技術委員

三浦且義

1. はじめに

現代建築に欠くことのできない材料といえるほど広く用いられているALC。その特徴や工場での製造、取付け方法など、ALCとはどのようなものかについて紹介します。

はじめに“ALC”とは、英語の“Autoclaved Lightweight aerated Concrete”の頭文字をとって名付けられたもので、日本語訳では“高温高圧蒸気養生された軽量気泡コンクリート”と呼ばれます。このALCに補強材を入れて板状に成形したものを“ALCパネル”（写真1）といいます。厚さが75mm以上200mm以下の厚形パネル（写真2）と、厚さが35mm以上75mm未満の薄形パネル（写真3）があり、表面に模様加工のない平パネルと表面に模様加工を施した意匠パネルがあります。ALCパネルは外壁や間仕切壁、屋根、床など様々な部位に使用されています。

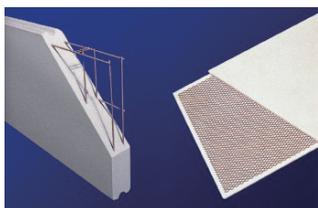


写真1 ALCパネルの補強材イメージ
左) 厚形パネル 右) 薄形パネル

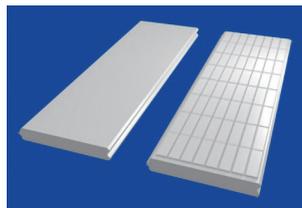


写真2 ALC厚形パネル

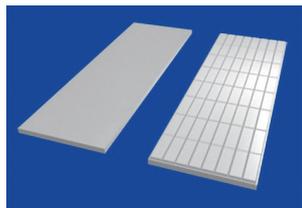


写真3 ALC薄形パネル

ALCは1920年代中頃にスウェーデンで開発されました。1930年代初めに工業生産が始まり、ドイツ、オランダ、

旧ソ連など北ヨーロッパを中心に普及しました。日本では1960年代初めに製造技術が導入され、国内での生産が始まりました（写真4）。建築物への使用が本格的になった1960年代中頃から半世紀以上が経ち、今日では超高層ビルから工場、倉庫、商業施設、共同住宅から一般住宅にいたるまで様々な用途の建築物に用いられています。

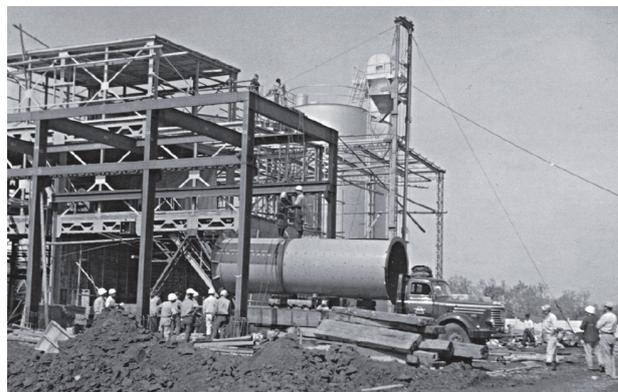


写真4 ALC生産工場の建設

2. ALCパネルの原料と工場での製造

ALCパネルは、けい酸質原料と石灰質原料を主原料とし、補強材を入れて成形し製造されます。製造の工程は、けい石と生石灰を粉砕したものに、気泡剤としてのアルミニウム粉末と、セメントなどの原料（写真5）に水を加え攪拌し、補強材が組み込まれた型枠に流し込み、発泡・養生します。一定の凝固状態となった多孔質化（写真6）した半製品を、ピアノ線で所定の形状に切断、成形した後、オートクレーブ（写真7）での高温高圧蒸気養生により十分反応硬化させてALCパネルは作られます。オートクレーブ養生によりトモライト（写真8）と呼ばれる極めて安定した板状の結晶が生成され、強度と耐久性を備えた製品となります。



写真5 ALCの原料

ALCパネルの製造は、JIS 認証を受けた工場にて厳しい品質管理のもと製造されます。工場での製造工程の主な流れを図1に示します。

○工場の製造工程

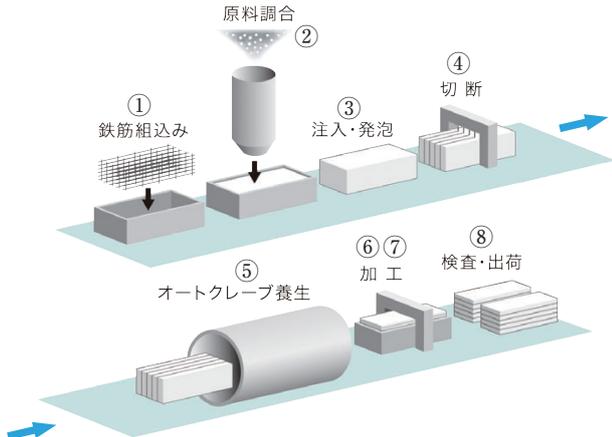


図1 工場での製造工程

①補強材の防錆処理：

ALCパネルの内部に組み込む鉄筋やメタルラスなどの補強材に防錆処理を施し型枠に組み込みます。

②原料の注入：

けい石、生石灰、アルミニウム粉末、セメントなどの原料を調合。水を加え攪拌し型枠に注入します。

③発泡：

型枠に注入された原料は、アルミニウム粉末による発泡作用で、約2倍の体積に膨張します。

④切断：

発泡後、一定の凝固状態に達した多孔質化した半製品をピアノ線でパネル形状に切断します。

⑤オートクレープ養生：

180℃、10気圧の高温高压環境下で、約10時間養生します。この過程でトバモライト結晶が生成されます。

⑥目地加工：

ALCパネルの長辺小口に、本実（ほんぎね）やシーリング溝などの必要な目地加工を施します。

⑦意匠加工（意匠パネル）：

ALCパネル表面にしま模様やエンボス模様など（図2）のデザイン加工を施します。

なおJIS A 5416:2025では、エンボス模様（模様の形状・深さが不均一な割石調、エンボス調及びプラスト仕上げ調等）が例に追加されました。

⑧出荷：

品質検査を経て、ALCパネルは出荷されます。



写真7 オートクレープ

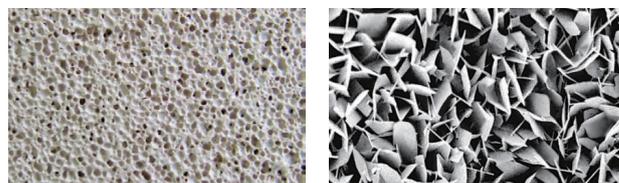


写真6 ALC表面

写真8 トバモライト結晶

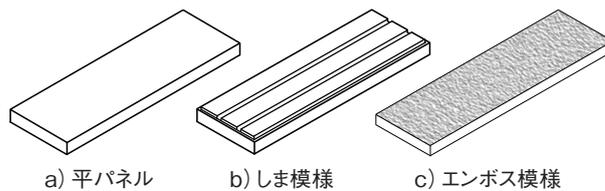


図2 平パネルと意匠パネルの例

3. ALCパネルの特徴

ALCパネルは、コンクリート建材の中でも軽量であることや断熱性、遮音性、耐火性など、建築物にとって必要とされる性能を兼ね備えた建材です。ALCの重量や強度などの諸物性値を表1に示します。

○軽量性

ALCの密度は450kg/m³を超え550kg/m³未満と規定され、普通コンクリートの約1/4です。建物の重量を抑え、建築物の経済設計に貢献します。

○断熱性

ALCパネル内部に広がる無数の細かい気泡により、コンクリート建材の中でも優れた断熱性を発揮します。

ALCパネルの見掛けの熱伝導率 $[\lambda_D]$ は0.17W/(m・K)とコンクリートの約1/10です。空調にかかるランニングコストを抑え、室内環境や居住性の向上に貢献します。

なおJIS A 5416:2025では、ALCパネルの断熱性能は、熱抵抗値から熱伝導率に改められ、ALCパネルの見掛けの熱伝導率 $[\lambda_D]$ は、ALCの熱伝導率 $[\lambda_0]$ に補強材などによる補正值 $[\lambda_1]$ を加えた値となりました。

○遮音性

一般には質量の大きい材料ほど遮音性が良いことは知られていますが、ALCパネルは質量が小さいわりに音を伝えにくい性質もっています。

○耐火性

ALCパネルは不燃材料で、耐火構造などの仕様や認定を有しています。無機質の原料からつくられるため、万一の火災にも有毒なガスや煙を出すことはありません。耐火性を備えた建材です。

表1 ALCの諸物性の概要

	物性	数値	測定条件	備考
重量	密度 (kg/m ³)	450を超え550未満	絶乾状態	JIS A 5416:2016 規格値
	パネル構造計算単位容積質量 (kg/m ³)	650 (550)	気乾状態	補強材を含む。()内は屋根用を負の風荷重により構造計算する場合。
強度	圧縮強度 (N/mm ²)	3.00以上	気乾状態	JIS A 5416:2016 規格値
	曲げ強度 (N/mm ²)	0.98~1.00	気乾状態	パネル製造業者のカatalog値
	せん断強度 (N/mm ²)	0.49~0.50	気乾状態	パネル製造業者のカatalog値
	引張強度 (N/mm ²)	0.49~0.50	気乾状態	パネル製造業者のカatalog値
	ヤング係数 (N/mm ²)	1.75×10 ⁴ 以上	気乾状態	ALCパネル構造設計指針・同解説
熱	熱伝導率 (W/m・K)	0.17	気乾状態	パネル製造業者のカatalog値
	熱抵抗値 (m ² K/W)	5.3t以上	気乾状態	JIS A 5416:2016 規格値(補強材入り) t:パネル厚さ(mm)/1000(mm)
	熱膨張係数	6.7×10 ⁻⁶ ~7×10 ⁻⁶	気乾状態	パネル製造業者のカatalog値
音	吸音率	0.08~0.12	1000 Hz	パネル厚さ100mmの参考値
	透過損失 (dB)	35~40	1000 Hz	パネル厚さ100mmの参考値
水	乾燥収縮率 (%)	0.05以下	飽水→気乾	JIS A 5416:2016 規格値

(JASS21:2018 ALCパネル工事より)

4. ALCパネルの取付け方法

ALCパネルは、鉄骨造をはじめ、鉄筋コンクリート造や木造などの建築物の外壁、間仕切壁、屋根、床、耐火被覆など、建築物の様々な部位に幅広く使用されています。ALCパネルの取付けには「ALCパネル取付け構法標準(ALC協会)」に示された構法を用います。ALCパネルの取付け構法を表2に示します。

表2 ALCパネルの取付け構法



ALCパネルが最も多く用いられる外壁の取付けには、縦壁では「縦壁ロックンク構法」が用いられ、横壁では「横壁アンカー構法」が用いられます。

ロックンク構法は、地震時の躯体の変形に対し、パネルが1枚ごとに微少回転することで追従するしくみで、ALCパネルの損傷や脱落が生じることを防ぎます。過去の大地震においても、このロックンク構法が有効に働き、被害を最小限に抑えています。縦壁ロックンク構法の納まりとALCパネルの動きを図3に、横壁アンカー構法の納まりとALCパネルの動きを図4に示します。

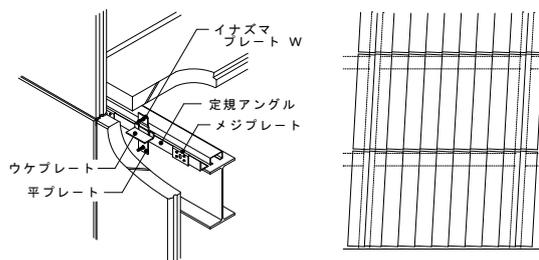


図3 縦壁ロックンク構法の納まりとALCパネルの動き

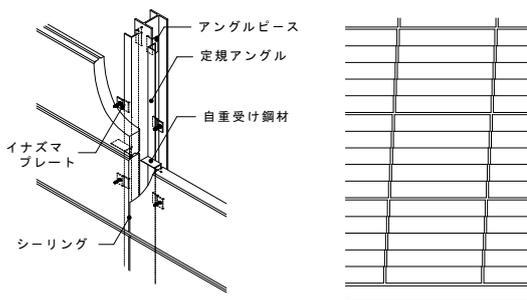


図4 横壁アンカー構法の納まりとALCパネルの動き

縦壁ロックンク構法と横壁アンカー構法のどちらの構法もALCパネルは、ALCパネル内部に設けたアンカーにボルトなどの取付け金物を介して下地鋼材に取付けます。縦壁ロックンク構法の一般部納まりを図5に示します。

なおJIS A 5416:2025では、ALCパネル内部に設けた埋設アンカーの引き抜き強さ試験に用いる試験装置の選択について明記されました。

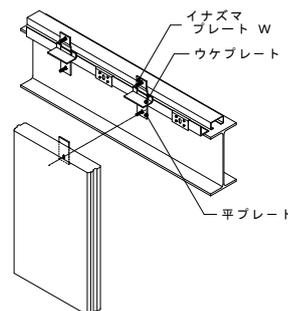


図5 ALCパネルの取付け(一般部)

ALCパネルの取付け構法には過去に縦壁挿入筋構法や縦壁スライド構法などの構法もありました。これらは施工の合理化や地震・法改正への対応、要求性能の変化など、時代の変化に合わせて改良や廃止などの整理が行われてきました。ALCパネルの取付け構法のうち、これまでに廃止された構法を表3に示します。

表3 これまでに廃止された取付け構法

構法の改廃年	
外壁	「縦壁挿入筋構法」 ・2001年「ALCパネル取付け構法標準」から削除 ・2005年「JASS21 ALCパネル工事」より削除
	「縦壁スライド構法」 ・2013年「ALCパネル取付け構法標準」から削除 ・2018年「JASS21 ALCパネル工事」より削除
	「横壁カバープレート構法」 ・2001年「ALCパネル取付け構法標準」から削除 ・2005年「JASS21 ALCパネル工事」より削除
	「横壁ボルト止め構法」 ・2013年「ALCパネル取付け構法標準」より横壁アンカー構法の一部に変更 ・2018年「JASS21 ALCパネル工事」にて横壁アンカー構法に名称変更
間仕切壁	間仕切壁アンカー筋構法 ・2013年「ALCパネル取付け構法標準」から削除 ・2018年「JASS21 ALCパネル工事」より削除
	間仕切壁フットプレート構法 ・2024年 構法廃止

5. 製品の品質を守るために

ALCパネルの規格であるJIS A 5416「軽量気泡コンクリートパネル（ALCパネル）」にはALCパネルの種類、品質、寸法、材料、製造や試験などが規定されています。1972年に制定され、これまで時代の要求に応える形で数次にわたり改正が行われてきました。

2025年の改正においては、改正の趣旨として「環境問題を背景にした断熱性能への期待、木質材料との複合使用の増加など、ALCパネルに対する社会的ニーズは近年、高度化・多様化している。そこで、今回の改正では、このような社会的ニーズの変化、多様なニーズへの対応及び2016年の改正時の懸案事項を踏まえて、生産者の品質管理に適した断熱性能の試験方法及び規定値に改めるとともに、補強材の種類、パネル模様の種類、ALCパネルの用途などの追加を検討した。また、埋設部品の引抜き強さ試験においては、2種類のいずれの方法を用いてもよいことを実験によって確認した」ことが述べられています。

これまでの改正年と改正の主な点を表4に示します。

表4 JIS A 5416の改正年と主な改正点

改正年	主な改正点
1972年制定	厚形パネル（常備品と注文品）とブロックについて“オートクレーブ養生した軽量気泡コンクリート製品”として制定
1975年改正	製造方法の明確化及びSI単位系の併記
1978年改正	厚形パネルの常備品の改正
1979年改正	厚形パネルの断熱性能の追加
1985年改正	ブロック製品を除外し、名称を“軽量気泡コンクリートパネル”へ変更、防せい材の防せい性能の規格を追加。コーナーパネルを参考として追加
1995年改正	厚形パネルの注文品の曲げ強さなどを明記
1997年改正	常備品及び注文品の区分の廃止
2007年改正	コーナーパネルの追加、埋設部品の引き抜き強さ及び試験方法の追加
2016年改正	コーナーパネルの直角度規定の追加
2025年改正	断熱性能を性能値に改定、補強材の種類、パネル模様の種類、パネル用途の追加、埋設部品の引き抜き強さ試験装置の選択について明記

6. おわりに

日本にALCの製造技術が導入されて60有余年。これまで多くの建築物にALCパネルが用いられてきました。建築社会とともに、今後ともALCパネルの技術の向上と発展に努めてまいります。

【謝辞】

JIS改正にあたり、原案作成委員会並びに関係する各位の多大なるご協力をいただきました。記して謝意を表します。

また、ALC協会は2025年に60周年を迎えることができました。ここに関係する各位に重ねて謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) JASS21：2018, ALCパネル工事, 日本建築学会
- 2) JIS A 5416：2025, 軽量気泡コンクリートパネル
- 3) ALC協会：ALCパネル構造設計指針・同解説, 2013
- 4) ALC協会：ALCパネル取付け構法標準・同解説, 2023
- 5) ALC協会：「ALCパネル」基礎知識, 2024
- 6) ALC協会：50年の軌跡 歩み続けるALCパネル

<プロフィール>
一般社団法人ALC協会 専任技術委員

高頻度にALCパネルの熱的特性を品質管理するための方法



宇都宮大学 地域デザイン科学部 建築都市デザイン学科 准教授

藤本郷史

1. はじめに

ALCパネルは、外壁等に使用される軽量気泡コンクリート（ALC）を主材とする材料であり、JIS A 5416に熱抵抗値が規定されている通り、建築物の断熱性への寄与が期待される材料の一つである。図1にALCパネルの一般的な構成を示す。ALCパネルは、軽量気泡コンクリートからなる母材（以下、ALC母材）と棒鋼（JIS G 3101）あるいは鉄線（JIS G 3532）からなる鋼製の補強材（以下、補強鉄筋）で構成されており、JIS A 5416:2016では、その熱的性能を校正熱箱法（JIS A 1420）によって計測・評価するよう規定されていた。この校正熱箱法は、（JIS認証の方法としては当然に適切であるが）試験体が大きく、試験装置の所有者も少ないので、ALC工場では高頻度に試験できず、品質管理に適さないという課題があった。一方で、熱流計法（JIS A 1412-2）は、試験体も小さく、試験設備・手順ともに比較的簡便であることから、工場の試験部門等でも実施できる品質管理に適した方法といえる。JIS A 5416の改正原案作成においては、製造業者より、この熱流計法を用いた品質管理を導入したいとの要望があった。

熱流計法は、周知のとおり、均質な材料における一次元的な熱流を前提にしており、ALCパネルの計測・評価には適さない。ここで、ALCパネルに用いられる補強鉄筋はφ5～7mm程度と比較的小径で配筋量も小さく、ALC母材がパネル容積の大半を占める点、鋼材の熱伝導率は一定とみなせる点、ALCパネルは工場製造であり補強鉄筋は十分な位置精度で配置される点などを考慮すると、ALCパネルの熱的性能の製造時の変動は、ALC母材の質（例えば、図2に示される発泡成形工程等における発泡の度合いに影響される空隙の量・分布）の影響が支配的であると考えられる。すなわち、品質管理において均質とみなせる補強鉄筋を含まないALC母材の熱的特性（i.e. 熱伝導率）を確認すれば、ALCパネルの熱的性能が所要の値を満足することを確認できると考えられた。そこで、JIS A 5416改正事前勉強会では、このような考え方の適否について実験

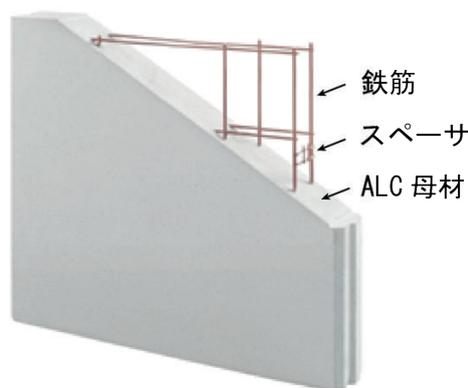


図1 ALCパネルの典型的な構成¹⁾を改変

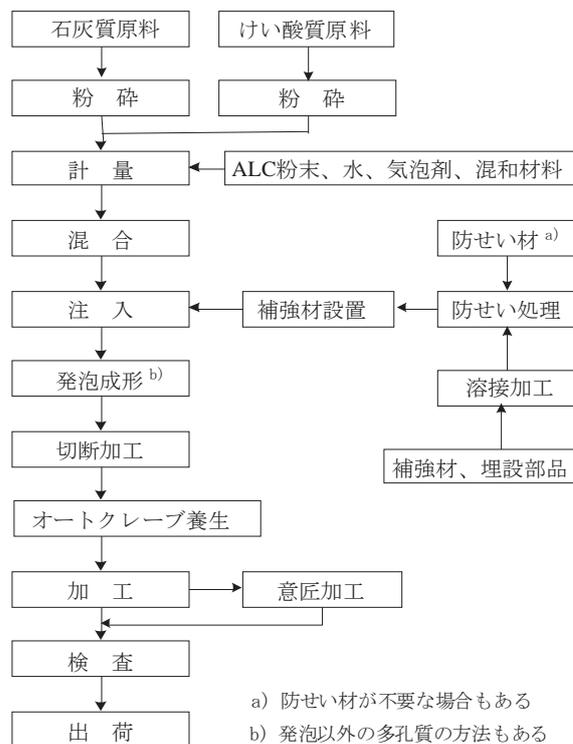


図2 ALCパネルの製造工程の例²⁾を編集

的に検討した。本稿はこの実験結果及びその後のJIS A 5416の改正時に追加された補完的な情報について紹介する。

2. 実験の概要

2.1 実験の因子・水準及び考え方

表1に実験の概要を示す。校正熱箱法により計測・換算したALCパネル模擬試験体の見掛けの熱伝導率(試験③)と、熱流計法により計測したALC母材試験体の熱伝導率(試験②-2)を比較することで、補強鉄筋の熱的特性への影響を分析した。また、この比較が妥当であることを確認するために、試験②-1と試験②-2から、試験法の差異が熱伝導率の計測値に及ぼす影響を検討した。

以上の手順で妥当性を確認した後に、試験③では、補強鉄筋量の異なるALCパネル模擬試験体を比較して、見掛けの熱伝導率に対する影響を検討した。さらに、試験④では、試験③と同一の試験体を用いて、含水率の影響を検討した。試験体の配筋の詳細については、文献¹⁾を参照いただきたい。なお、本実験では校正熱箱法(JIS A 1420)の校正板としてALC母材試験体を準備したが、本稿ではこの検討部分は割愛する。

ALCパネルの仕様は、厚さ100mm、 $\phi 5\sim 7$ mm鋼線を主筋とした上端と下端の2層配筋(以下、ダブル配筋)であり、この上端と下端の配筋をスペーサで溶接連結している。補強鉄筋の体積比は0.4%程度、スペーサ:4個/m²程度、製品の幅は600mm以下が一般的である。本実験では、この仕様を考慮して試験体の仕様を定めた。熱橋となりうる配筋については、実際の製造設備の制約から作製できる最少の配筋量(1枚当り $\phi 5$ mm \times 2本ダブル配筋)から最大の配筋量(1枚当り $\phi 7$ mm \times 7本ダブル配筋)までの試験水準を設定した。なお、スペーサ数は試験体面積あたりに換算すると9.9個/m²であり、一般のALCパネルと比べて過剰となっている。試験体の具体的な配筋については、文献¹⁾に掲載しているのでここでは省略した。なお、JIS A 5416:2016では、平均温度30℃で校正熱箱法による熱抵抗値を計測するよう規定していたが、ここでは、2025年改正後の条件である平均温度23℃で試験を実施している。

2.2 実験結果：試験法間の比較

異なる試験法で計測したALC母材試験体の熱伝導率を表2に比較して示す。同一の製造条件によって作製したALC母材試験体では、試験法に関わらず計測される熱伝導率はおおむね同一であった。この結果から2.4に後述する方法が妥当であること的前提条件を確認した。

2.3 ALCパネルの熱伝導率に与える鉄筋等の影響

図3に補強鉄筋の体積比が異なる場合のALCパネル模擬試験体の見掛けの熱伝導率を示す。補強鉄筋の体積比が

表1 試験体の概要¹⁾を改変

呼び方	試験番号 試験方法	試験体寸法(mm)			補強鉄筋 体積比(%)	スペーサ 数(個)
		厚さ	幅	長さ		
ALC母材 試験体	試験① 保護熱板法 JIS A 1412-1	50	300	300	-	-
	試験②-2 熱流計法 JIS A 1412-2	50	300	300	-	-
	試験②-1 校正熱箱法 JIS A 1420	50 100	450 \times 2枚	900	-	-
模擬 試験体 ALC パネル	試験③、④ 校正熱箱法 JIS A 1420 注)	100	450 \times 2枚	900	0.232	8
					0.313	8
					0.709	8
					1.190	8

注：試験③、④は同一試験体だが含水率が異なる

表2 異なる試験法間の熱伝導率の計測結果の比較
(ALC母材試験体)¹⁾を基に作表

試験方法	保護熱板法	熱流計法	校正熱箱法	
試験体厚さ t	50mm	50mm	50mm	100mm
熱抵抗 R [$(\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$]	0.34	0.35	0.34	0.69
熱伝導率 λ [$\text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$]	0.144	0.142	0.145	0.144

注： $\lambda = t / R$ として熱伝導率と熱抵抗を換算した。

増加しても、見掛けの熱伝導率はほぼ変化がなかった。このことから、ALCパネルに要求される曲げ強さ等によって異なる補強鉄筋は、市販品で想定される最大量まで配置しても、見掛けの熱伝導率の上昇に対する寄与は小さいと考えられた。他方で、ALC母材(補強鉄筋の体積比0%)と比較すると、0.0055 W/(m \cdot K)程度、ALCパネル模擬試験体の方が大きかった。このことから、ALC母材の熱伝導率からALCパネルの見掛けの熱伝導率を推定しようとする場合、補強鉄筋の配置による上昇分を見込む必要があると考えられた。

図4に校正熱箱法の計測時における低温側の熱画像の例を示す。配筋方向(画像横方向)及びスペーサ位置に若干の温度上昇が読み取れる。前述の図3に見られる配筋による見掛けの熱伝導率の上昇は、このような定性的な観察からも裏付けられる。

2.4 ALC母材の熱伝導率からALCパネルの熱伝導率を安全側に見積もる方法

ALC母材試験体及びALCパネル模擬試験体の見掛けの熱伝導率を含水率と対応させて図5に示す。ここでは、ISO 10456のALC母材の熱伝導率と含水率の関係式(ただし、本実験のALC母材の熱伝導率をfirst set conditionとして補正したもの)も併せて示す。一般に知られているようにALC母材の熱伝導率は含水率依存性が大きいが、この影響は補強鉄筋よりも大きいことが読み取れる。ここで、ALC母材の23℃、RH60%における平衡含水率(3%程度)近傍に着目すると、ALC母材の熱伝導率に0.02を加算すれば、ALCパネル模擬試験体の見掛けの熱伝導率を十分に上回っていた。本試験体では、前述の通り、補強鉄筋が製造上可能な最大量まで配置されており、スペーサも通常の製品よりも過剰に配置されている。したがって、ALC母材の熱伝導率に0.02を加算すれば、ALCパネルの見掛けの熱伝導率を十分に安全側に見積もることができると考えられた。JIS A 5416:2025では、このような考え方に基づいて、式(1)によって、ALCパネルの見掛けの熱伝導率を推定できることが規定された。

$$\lambda_D = \lambda_0 + 0.02 \quad (1)$$

ここで、 λ_0 : ALC母材の熱伝導率 [W/(m·K)]

ここで、JIS A 5416:2016のALCパネルの熱抵抗の規定値を表2注の方法($\lambda = t/R$)で換算すると見掛けの熱伝導率は0.19 W/(m·K)である。省エネ法に基づく断熱性能計算プログラム(例えば3)では、この換算値が使用されている。一方、日本建築学会のALCパネル工事標準仕様書4)では、熱伝導率0.17 W/(m·K)が採用されており、整合していなかった。

本実験結果から、含水率3%近傍では十分に0.17を下回ると判断されたので、2025年のJIS A 5416の改正では、ALCパネルの断熱性能を見掛けの熱伝導率で規定することとし、規定値は0.17 W/(m·K)と定められた。

3. 実構造物におけるALCパネルの含水率

ALCパネルの断熱性能は、主に外壁用などの建築物外装として使用される場合に重要である。前章までの議論では、ALCパネルが長期の使用環境においておおむね平衡含水率付近にあることを想定していた。外装材料には一般に雨がかりがあるが、ALCパネルでは仕上塗材や防水材等によって仕上げられるのが一般的であるので、含水率の上昇は小さいと考えられたためである。JIS A 5416原案作成委員会ではこの考え方の適切さを確認するために、実際の建築物からALCパネルを採取し、ALC母材の含水率を確認した。図6に結果を示す。竣工後年数が経過しても含水率はおおむね3%を下回っていた。このことから、適切

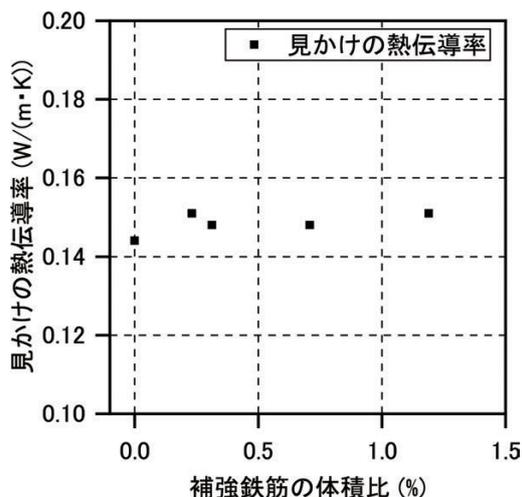


図3 ALCパネル模擬試験体の見掛けの熱伝導率と補強鉄筋の体積比の関係(校正熱箱法)¹⁾を基に作図

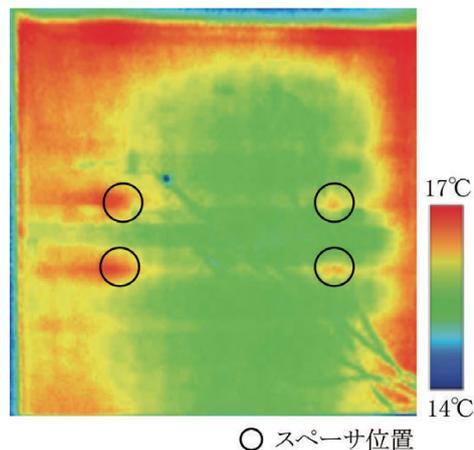
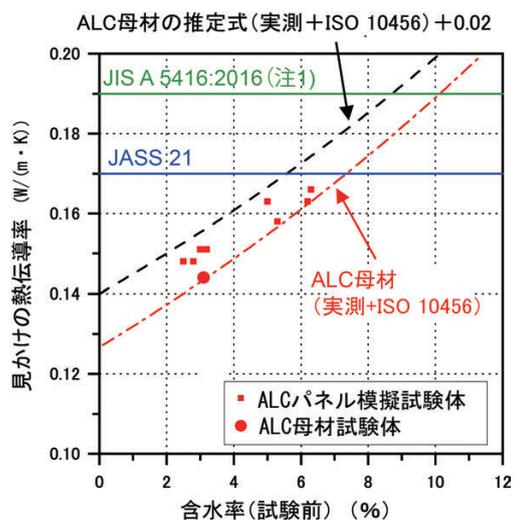


図4 校正熱箱法時のALCパネル試験体の熱画像(低温側、試験③)¹⁾を改変



注1 JIS A 5416の規定値を換算
図5 実験結果及びISO 10456式とJASS 21規定値、JIS A 5416:2016の規定値の関係¹⁾を基に作図

な使用環境のもとでは、ALCパネルの見掛けの熱伝導率はJIS A 5416:2025の規定値を満足するものと考えられる。なお、JIS A 5416:2025の解説に記載の通り、本調査の件数は限られており、竣工後の年数が長いものも含まれていないことから、今後もさらなるデータ収集を行って検証する必要がある。

4. ALCパネルの製造条件の差異の影響

ALCパネルは、我が国では主に3社で製造されているが、各社ごとに製造条件等は異なる。3章までの実験では、比較のために同一の条件で製造したALC母材による試験体を用いていた。そこで、製造メーカー間の差異も検討した。図7に、熱流計法によってALC母材の熱伝導率を求め、式(1)によってALCパネルの熱伝導率を推定した結果を示す。いずれの製造メーカーにおいても、JIS A 5416:2025の改正後の規定値(0.17W/(m・K))を満足していた。

5. まとめ

本稿では、ALCパネルの断熱性能をALC母材の熱伝導率から推定するための方法及び規定値の改正に関わる検討結果を紹介した。製造メーカー各位からは、JIS A 5416:2025の改正後には熱流計法を用いた品質管理が行われるようになったと聞いている。本成果が有効に活用されていることは幸甚の至りである。

謝辞

本稿は、著者が文献¹⁾とJIS A 5416:2025の解説などをとりまとめて再構成したものであり、本稿の内容は、文献¹⁾の執筆者、JIS A 5416改正事前勉強会及びJIS A 5416改正委員会・原案作成分科会の委員の貢献によるところが大きい。本稿の実験は、(一社)ALC協会の依頼のもと、(一財)建材試験センターで実施されたものである。関係各位に改めて感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 柴田益弘, 山下泰介, 細内正紀, 松下健一, 松原知子, 近藤靖史, 小山明男, 藤本郷史: ALCパネルの熱的特性に及ぼす補強鉄筋の影響に関する実験的分析, 日本建築学会技術報告集, 29巻, 73号, pp.1174-1179, 2023, <https://doi.org/10.3130/aijt.29.1174>
- 2) JIS A 5416:2025, 軽量気泡コンクリートパネル(ALCパネル)
- 3) 国立研究開発法人建築研究所: 平成28年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(住宅) 現行版, <https://www.kenken.go.jp/becc/house.html> (参照: 2026-1-19)
- 4) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 JASS21 ALCパネル工事, 2018, ISBN978-4-8189-1549-7

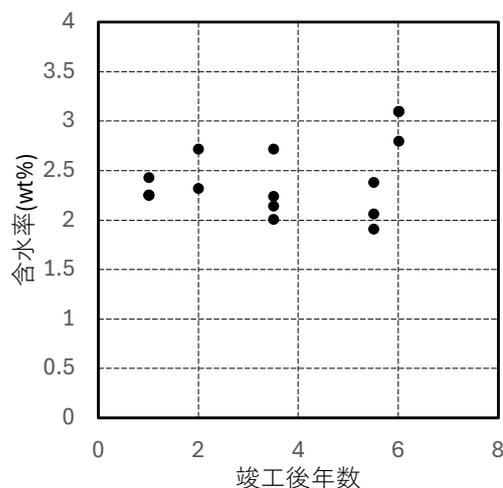


図6 実構造物から採取したALCパネルのALC母材の含水率²⁾の解説図6を改変

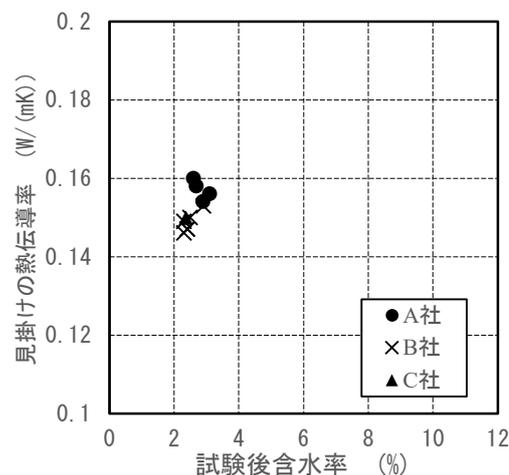


図7 式(1)によって推定されたALCパネルの見掛けの熱伝導率の結果例²⁾の解説図5を改変

<プロフィール>
 宇都宮大学 地域デザイン科学部 建築都市デザイン学科 准教授
 専門分野: 建築材料学
 最近の研究テーマ: 材料・工法の側面からみた水害の被害軽減手法の開発、コンクリートの非破壊計測と機械学習、ALCパネル模様加工部分の剥落防止評価

ALCパネルの見掛けの熱伝導率に関する校正熱箱法による測定とこれを再現したCFD解析



東京都市大学 名誉教授 近藤靖史

近畿大学 建築学部 建築学科 教授 長澤康弘

1. はじめに

ALCパネルは軽量気泡コンクリートを母材とし、**図1**のように内部に鋼製の補強材（以降、補強鉄筋と記す）やスペーサーを有する複合材料である。また、ALCパネルは母材の内部にある多量の気泡によって断熱性能が比較的高い建材であることが知られている。本稿では複合材料であるALCパネルの断熱性能の評価方法や評価結果について検討した内容を紹介する¹⁾。詳細は文献1)を参照されたい。

一般に、ALCパネルのような複合材料の断熱性能を測定・評価することは難しい。例えば、JIS A 1412-2:1999第2部：熱流計法（HFM法）では均質な材料に対する一次的（1方向的）な熱流を仮定しており、複合材料であるALCパネルを対象とした測定には適していない場合が多い。これに対し、2025年に改訂される前のJIS A 5416「軽量気泡コンクリートパネル」の2016年版ではALCパネルの断熱性能を確認する方法として、JIS A 1420:1999の附属書B（規定）「小さな伝熱面積をもつ校正熱箱法」²⁾が挙げられていた。ただし、校正熱箱法を実施するには専用の恒温室と非常に長い測定時間が必要となる。一方、筆者らは切欠き状の欠損部を有する異形断熱材を対象とした校正熱箱法による測定と数値流体解析（以降、CFD解析と記す）を併用することによって断熱性能を系統的に評価した³⁾。この方法によると、表面温度が不均一になる異形断熱材においても熱抵抗が効率的に算定できる。この方法を用いればALCパネルのように内部の補強鉄筋などによって不均一な表面温度を形成する場合についても断熱性能を評価できる。

本稿では、ALCパネルにおける「見掛けの熱伝導率」（後述）と鉄筋量の比率との関係を明らかにすることを主な目的として、補強鉄筋の本数などが異なる試験体を対象に校正熱箱法による測定やこの測定状況を再現したCFD解析により検討した内容を紹介する¹⁾。更に、測定が困難な条件についてはCFD解析を行い、検討を進めた内容についても紹介する。

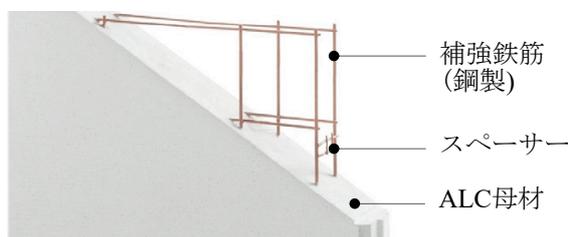


図1 ALCパネルの基本的な断面構成

2. 校正熱箱法による測定およびCFD解析

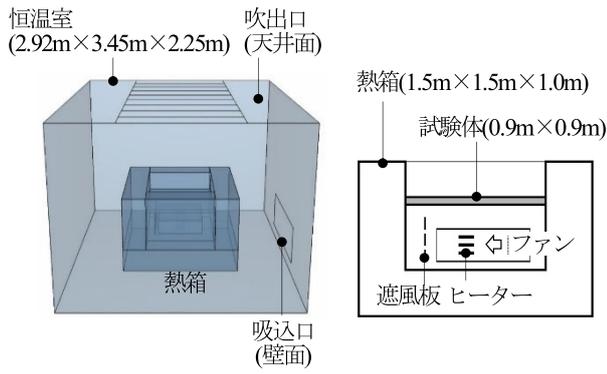
2.1 測定概要

校正熱箱法による測定の概要を**図2**に示す。測定は室温を約13℃に維持した恒温室（2.92m × 3.45m × 天井高2.25m）の内部に厚さ0.3mの断熱材によって側面および底面が構成された熱箱を設け、その上面に測定対象試験体を取り付ける。熱箱内には加熱用ヒーターと熱箱内空気を循環させるためのファンを設置して熱箱内空気温度を約33℃に調整し、熱箱内外空気温度差が約20℃になる状態において熱箱周辺の空気温度や試験体表面温度を測定する。低温側と高温側の空気温度および試験体表面温度についてはJIS A 1420:1999に定められている測定方法に準じて**図3**に示す位置においてそれぞれ5点ずつ測定し、その平均値により検討する。

発生熱量から校正熱量を差し引いた試験体通過熱量と熱箱内外空気温度差に基づいて試験体の断熱性能を算定する。すなわち、試験体通過熱量と熱箱内外温度差を用いて式(1)により試験体の熱貫流抵抗を算出する。

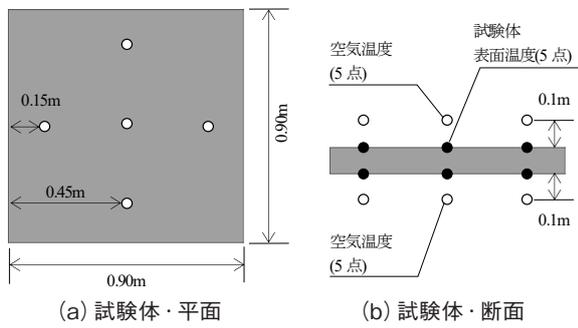
$$R = \frac{A \cdot (\theta_{HA} - \theta_{CA})}{Q_T} \quad (1)$$

ここで、 A は試験体伝熱面積 [m²] を、 θ_{HA} は高温側空気温度 [℃] を、 θ_{CA} は低温側空気温度 [℃] を、 Q_T は試験体通過熱量 [W] を表す。



(a) 恒温室全体 (b) 熱箱周辺

図2 校正熱箱法による測定の概要



(a) 試験体・平面 (b) 試験体・断面

図3 測定位置 (熱箱内外空気温度および試験体表面温度)

また、試験体表面温度の測定値などから式 (2) および式 (3) により算定される試験体上下の表面熱伝達抵抗の合計値である合計表面熱伝達抵抗を熱貫流抵抗から差し引いた値を試験体熱抵抗として算出する。

$$R_C = \frac{A \cdot (\theta_{C.S} - \theta_{C.A})}{Q_T} \quad (2)$$

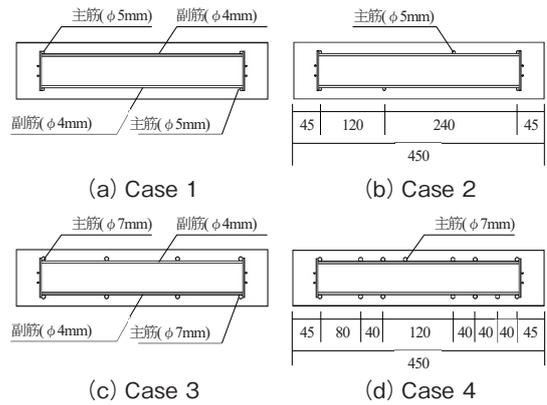
$$R_H = \frac{A \cdot (\theta_{H.A} - \theta_{H.S})}{Q_T} \quad (3)$$

ここで、 R_C と R_H はそれぞれ低温側と高温側の表面熱伝達抵抗 [$m^2 \cdot K/W$] を、 $\theta_{C.S}$ は低温側試験体表面温度 [$^{\circ}C$] を、 $\theta_{H.S}$ は高温側試験体表面温度 [$^{\circ}C$] を表す。

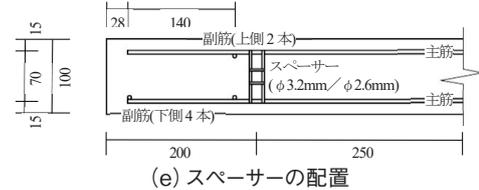
本研究では、補強鉄筋などを含む ALC パネルの断熱性能を表現するため、試験体通過熱量と試験体厚さなどから算出した熱伝導率と同じ次元を持つ値を「見掛けの熱伝導率」として検討を進めた。すなわち、式 (1) ~ 式 (3) で求めた試験体熱抵抗と試験体厚さから「見掛けの熱伝導率」を算出した。

2.2 測定対象試験体

測定では表1のように主筋や副筋の本数が異なる試験体を Case0 ~ Case4 として検討する。各試験体の内部には補強鉄筋である主筋や副筋が図4のように配置されており、試験体は幅 450mm x 奥行 900mm x 厚さ 100mm の ALC パネルを2枚合わせた 900mm x 900mm の状態で測定を行う。



(a) Case 1 (b) Case 2 (c) Case 3 (d) Case 4



(e) スパースの配置

図4 測定対象試験体の配筋状況 (単位: [mm])

表1 検討ケースにおける補強鉄筋本数

検討ケース	Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	
主筋 [本]	上側	0	2	3	4	7
	下側	0	2	3	4	7
副筋 [本]	上側	0	2	2	2	2
	下側	0	4	4	4	4

※ 主筋と副筋の本数は 450mm x 900mm x 厚さ 100mm の ALC パネルに対する値である。

表2 補強鉄筋体積比率

検討ケース	Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
測定 [%]	-	0.25	0.33	0.72	1.20
CFD 解析 [%]	-	0.31	0.41	0.91	1.53
解析-測定 [%]	-	0.06	0.08	0.19	0.33
解析/測定 [-]	-	1.24	1.24	1.26	1.28

2.3 CFD解析概要

解析モデルを図5に示す。校正熱箱法による測定を行った恒温室を模擬し、その内部に熱箱 (1.5m x 1.5m x 高さ 1.0m) を設置した状態を想定する。熱箱の上部に後述する試験体モデルを設置した状態を再現し、熱箱内部には発生熱量を規定するためのヒーターを模擬した発熱体、収納箱や遮風板などをモデル化する。

測定と同様に熱箱内外温度差が $20^{\circ}C$ になるように発生熱量を調整する。解析では図5(c)のように熱量算定面を設定し、試験体モデル内部の算定面で集計した熱量を試験体通過熱量とする。また、試験体側面や熱箱の側面と底面に設定した熱量算定面を通過する熱量の集計値を校正熱量とする。熱箱内外空気温度については試験体表面から 0.1m 離れた位置における空気温度の平均値とし、合計表面熱伝達抵抗を求める際の試験体表面温度は低温側と高温側ともにそれぞれの面全体の表面温度の平均値とする^{注1)}。

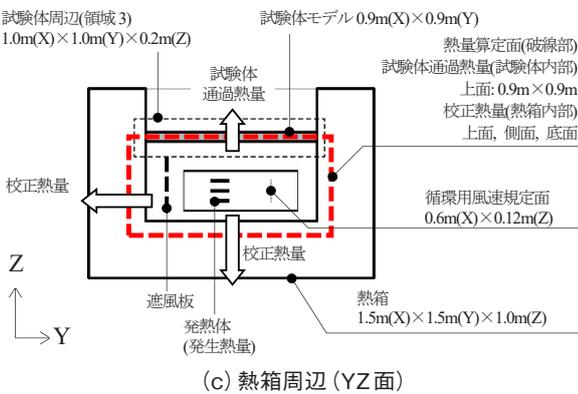
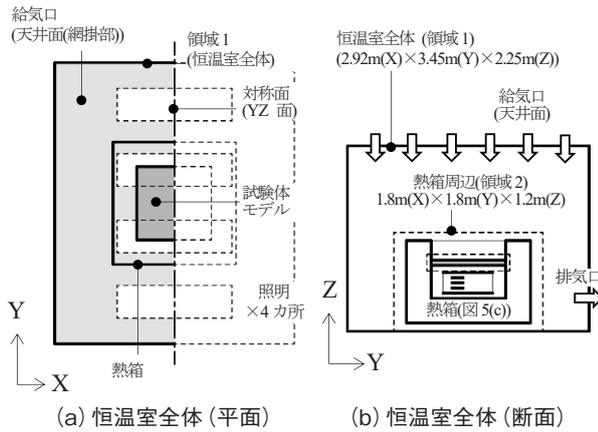


図5 解析モデル

これらの値を用いて解析によって得られた試験体通過熱量、熱箱内外空気温度、試験体表面温度により算出した熱貫流抵抗と合計表面熱伝達抵抗から試験体熱抵抗に基づいて「見掛けの熱伝導率」を算定する。

2.4 解析ケースおよび解析条件など

解析ケースおよび配筋状況を図6に示す。測定対象試験体においてスパーサーや補強鉄筋がない状態の試験体を「試験体モデルO」とし、スパーサーと補強鉄筋があり、スパーサー個数が4個の試験体を「試験体モデルA」とする。また、主筋の本数に応じて表1に示すCase0からCase4までの5つのケースを想定する。測定対象試験体の補強鉄筋などの断面は図4のように直径4mm～7mmの円形であるのに対し、CFD解析では実際の補強鉄筋の直径と等しい辺の長さの正方形の断面形状によって補強鉄筋などを再現した。このため、測定と解析では表2のように試験体体積に対する主筋と副筋およびスパーサーの体積比を表す補強鉄筋体積比率に差異が生じており、Case1からCase4の補強鉄筋体積比率を比較すると解析では測定に比べて24～28%程度高い。また、Case4の補強鉄筋体積比率が最も高く、鉄筋量が最も多い。以上のようにCFD解析では測定に比べて補強鉄筋体積比率がやや大きい値になるように設定していることから、見掛けの熱伝導率はやや高い値となり、断熱性能がやや安全側に評価されるものと

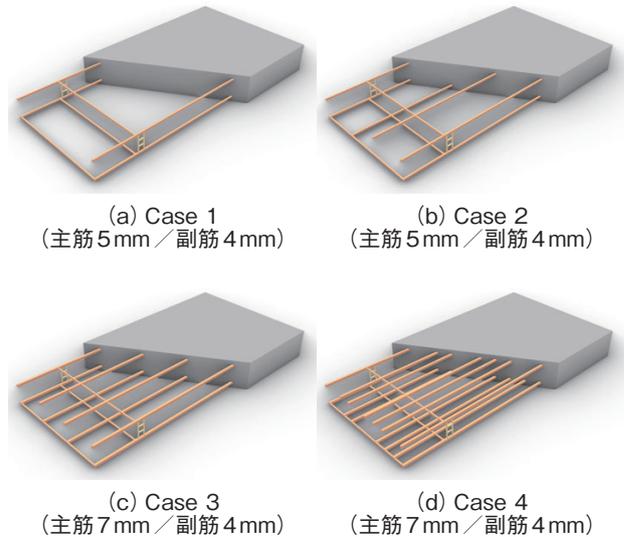


図6 解析ケースおよび配筋状況 (試験体モデルA 寸法: 450mm×900mm×厚さ100mm)

表3 主な解析条件など

解析領域	恒温室全体: 2.92m × 3.45m × 2.25m 熱箱周辺: 1.8m × 1.8m × 1.2m 試験体周辺: 1.0m × 1.0m × 0.2m (厚さ0.1mの場合) 上記の各領域に対してマルチブロックを設定。 空間の対称性を考慮して1/2領域を解析
格子分割 (マルチブロック)	恒温室全体 (領域1): 58 × 34 × 45 = 88,740 熱箱周辺 (領域2): 124 × 56 × 107 = 743,008 試験体周辺 (領域3): 解析ケースにより異なる。 試験体モデルA～C, O (試験体厚さ100mm) 366 × 180 ~ 208 × 72 ~ 76 = 4,743,360 ~ 5,785,728 試験体モデルD, E (試験体厚さ150mm) 370 × 180 ~ 208 × 112 ~ 114 = 7,459,200 ~ 8,773,440
流入境界条件	吹出面積 (天井面): 7.8m ² 吹出風速・吹出温度: 34m ³ /min (約0.07m/s) · 13℃
流出境界条件	吸込面積 (壁面): 1.4m ²
熱箱内循環風速	風速規定面・風速: 0.60m × 0.12m · 1.0m/s
その他の条件	試験体設置寸法: 0.9m × 0.9m 熱伝導率: ALC母材 0.144W/(m·K) 補強鉄筋、スパーサー 80.3W/(m·K) 熱箱 (内部: 断熱材) 0.034W/(m·K) 対流・放射連成解析 放射率: 全ての面に対して放射率0.90を規定
乱流モデル	低Re数型k-εモデル
移流項	一次精度風上
発熱条件	発生熱量: 表4参照。
ソフトウェア	STREAM V2020 (ソフトウェア・クレイドル)

考えられる。主な解析条件を表3に示す。その他、解析方法などの詳細は文献1)を参照されたい。

2.5 結果および考察

CFD解析による試験体内温度分布と試験体表面温度分布を図7、図8に示す。また、測定と解析により得られた試験体通過熱量や熱箱内外空気温度などを用いて算出した熱貫流抵抗などをそれぞれ表4と表5に示し、測定と解析による試験体熱抵抗と見掛けの熱伝導率の比較を図9に示す。

(1) 試験体内温度分布および試験体表面温度分布

補強鉄筋やスペーサーがない試験体モデルOのCase0 (図7(a))では試験体内温度分布の等高線はほぼ水平である。これに対して、補強鉄筋やスペーサーがある試験体モデルAのCase1 (図7(b))ではスペーサーが熱橋となり、その周辺における温度分布に差異がみられる。また、補強鉄筋体積比率が最も高いCase4 (図7(c))ではスペーサー部分とともに試験体上部と下部に設けられた主筋による温度分布への影響がみられる。

次に試験体表面温度分布を比較すると、図8(b)に示すモデルAのCase1では補強鉄筋などが熱橋として作用し、低温側の試験体表面の一部において図8(b-1)のように17℃を超える領域がみられ、図8(c)に示すCase4においても同様の傾向がみられる。一方、高温側の試験体表面温度は低温側のそれに比べてスペーサーによる熱橋の影響は小さい。これは高温側では熱箱内空気を循環させるために設けたファンによる気流の影響が大きいことによると考えられる。

(2) 熱貫流抵抗や見掛けの熱伝導率など

表4や表5に示す測定結果や解析結果を比較すると、モデルOのCase0 (主筋本数0本) やモデルAのCase1 (主筋本数2本) では熱貫流抵抗や見掛けの熱伝導率において良好な対応関係がみられる。また、モデルAのCase1やCase2における試験体熱抵抗や見掛けの熱伝導率はほぼ同じ値になる。これは両者の補強鉄筋体積比率が近い値であることが理由として考えられる。一方、Case3やCase4では測定結果と解析結果との間には図9(b)のように差異がみられるが、測定と解析による値を比較すると各ケースで差異の比率は5%以下であった(図9(c))。

次に、補強鉄筋やスペーサーの有無に着目すると、Case0とCase1との間には試験体熱抵抗では $0.03\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ の差が、見掛けの熱伝導率では $0.008\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の差がみられる。また、補強鉄筋やスペーサーがないCase0と補強鉄筋の量が最も多いCase4とを比較すると、その差は $0.013\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ となり、補強鉄筋などがALCパネルの断熱性能に与える影響が確認できる注2)。

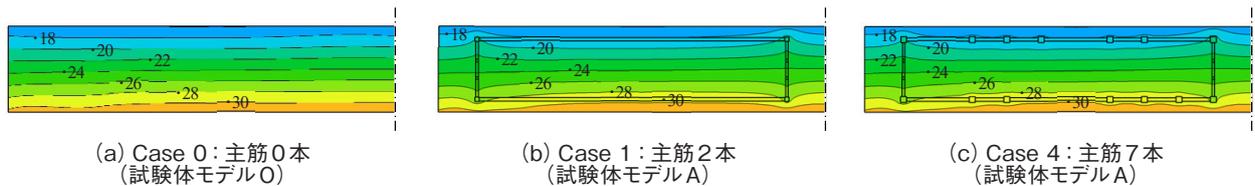


図7 CFD解析結果 (試験体内温度分布) (単位: [°C])

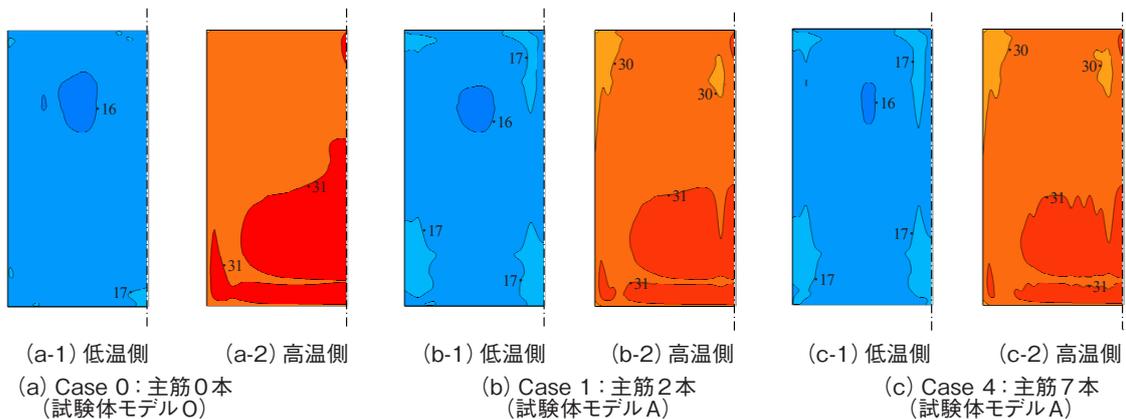


図8 CFD解析結果 (試験体表面温度分布) (単位: [°C])

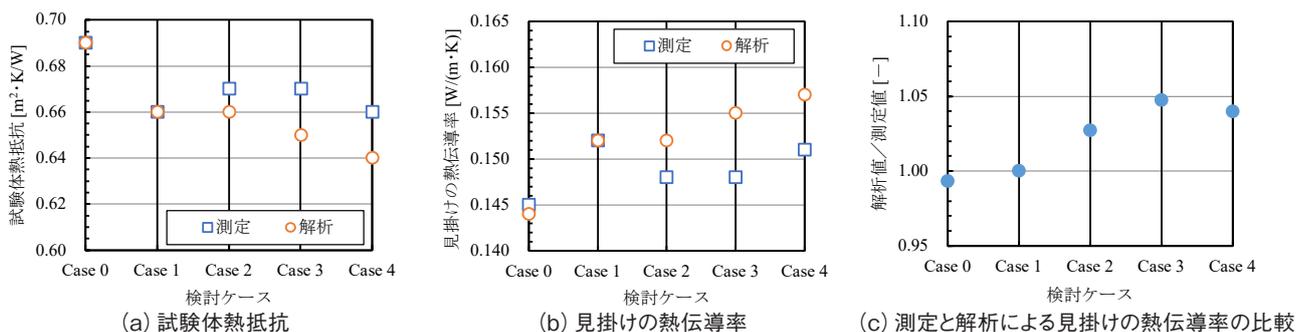


図9 測定とCFD解析による試験体熱抵抗および見掛けの熱伝導率の比較

表4 測定による熱貫流抵抗や見掛けの熱伝導率など

測定ケース		Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
試験体モデル		モデルO	モデルA			
熱量 [W]	発生熱量	26.0	27.2	27.0	26.8	27.4
	校正熱量	7.6	7.8	7.8	7.8	7.8
	試験体通過熱量	18.4	19.4	19.2	19.0	19.6
空気温度 [°C]	低温側	12.9	12.7	12.7	12.7	12.7
	高温側	33.0	33.2	33.2	33.3	33.2
	空気温度差	20.1	20.5	20.5	20.6	20.5
表面温度 [°C]	低温側	15.2	15.3	15.3	15.4	15.2
	高温側	30.9	31.1	31.2	31.1	31.1
	表面温度差	15.7	15.8	15.9	15.7	15.9
熱貫流抵抗 [m ² ·K/W]		0.88	0.86	0.86	0.88	0.85
合計表面熱伝達抵抗 [m ² ·K/W]		0.19	0.20	0.19	0.21	0.19
試験体熱抵抗 [m ² ·K/W]		0.69	0.66	0.67	0.67	0.66
見掛けの熱伝導率 [W/(m·K)]		0.144	0.151	0.148	0.148	0.151

3. 補強鉄筋などが断熱性能に与える影響

2章における測定と解析によってALCパネルの断熱性能を検討した結果、スペーサーが熱橋となっている状況を確認した。ここでは、スペーサーの影響に着目し、スペーサーの個数を半減した場合やスペーサーがない場合についてCFD解析を行い、これらが見掛けの熱伝導率などに与える影響について検討する。なお、スペーサーの個数を減らした状態での測定は試験体製作上の制約から困難であるため、CFD解析により検討を進める。

3.1 解析ケースおよび解析条件など

解析ケースを表6に示す。はじめに補強鉄筋やスペーサーの影響を検討するため、スペーサーの個数が異なる試験体モデルA～Cについて比較検討する。「試験体モデルA」は2章における試験体モデルに対応し、その内部に4個のスペーサーを想定する。次に、「試験体モデルB」ではスペーサーの個数を半数に減らし、「試験体モデルC」ではスペーサーがない状態の試験体モデルとする^{注3)}。次に、主筋や副筋の本数については表6(b)のように主筋や副筋がない状態をCase0とし、試験体内部の上下にそれぞれ主筋2本を配筋したCase1から同様に7本の主筋を配筋したCase4までの5つのケースについて検討する。

3.2 解析結果および考察

スペーサー個数を半数に減らした試験体モデルBとスペーサーがない試験体モデルCにおける熱貫流抵抗や見掛けの熱伝導率などをそれぞれ表7(a)と表7(b)に、試験体モデルA～Cの試験体熱抵抗や見掛けの熱伝導率などを図10に示す。図10(a)のように試験体熱抵抗はスペーサー個数が増えると徐々に小さくなり、これに対応して見掛けの熱伝導率はスペーサー個数が増加するにしたがって高くなる(図10(b))。また、主筋本数と見掛けの熱伝導率の増加量との関係に着目すると、図10(c)のようになった。こ

表5 CFD解析による熱貫流抵抗や見掛けの熱伝導率など

解析ケース		Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
試験体モデル		モデルO	モデルA			
熱量 [W]	発生熱量	25.4	26.1	26.1	26.4	26.5
	校正熱量	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
	試験体通過熱量	16.9	17.6	17.6	17.8	18.0
空気温度 [°C]	低温側	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
	高温側	33.2	33.2	33.2	33.2	33.2
	空気温度差	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
表面温度 [°C]	低温側	16.4	16.5	16.5	16.6	16.6
	高温側	30.9	30.8	30.8	30.8	30.8
	表面温度差	14.5	14.3	14.3	14.2	14.2
熱貫流抵抗 [m ² ·K/W]		0.96	0.92	0.92	0.91	0.90
合計表面熱伝達抵抗 [m ² ·K/W]		0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
試験体熱抵抗 [m ² ·K/W]		0.69	0.66	0.66	0.65	0.64
見掛けの熱伝導率 [W/(m·K)]		0.144	0.152	0.152	0.155	0.157

表6 試験体モデルなど(補強鉄筋などが断熱性能に与える影響)

(a) 試験体モデル

試験体モデル	モデルA	モデルB	モデルC
スペーサー [個]	4	2	0

(b) 解析ケース

解析ケース		Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
主筋 [本]	上側	0	2	3	4	7
	下側	0	2	3	4	7
副筋 [本]	上側	0	2	2	2	2
	下側	0	4	4	4	4

の関係から各モデルの主筋本数が2本のCase1と主筋本数が7本のCase4とを比較すると、主筋の本数が増えることによる見掛けの熱伝導率に与える影響はスペーサーを2個増やすことによる影響と同程度であることがわかる。

次に、補強鉄筋やスペーサーの有無が見掛けの熱伝導率に与える影響を明らかにするため、試験体モデルAと試験体モデルCについてそれぞれ主筋や副筋がないCase0と主筋本数を2本としたCase1の解析結果を表8に示す。モデルCのCase0と主筋と副筋のみとしたモデルCのCase1やスペーサーのみとしたモデルAのCase0との見掛けの熱伝導率との差は0.001～0.002W/(m·K)となり、補強鉄筋などがALCパネルの断熱性能に与える影響は比較的小さい。一方、補強鉄筋である主筋や副筋と4個のスペーサーを組み合わせたモデルAのCase1との差は0.008W/(m·K)となり、補強鉄筋にスペーサーを組み合わせることでALCパネルの断熱性能に対する影響は大きくなる。

この原因については図11に示す各ケースの試験体内温度分布などから以下のように推察することができる。スペーサーがない状態のモデルCでは図7(a)に示したCase0や図11(a)に示すCase1では試験体内温度分布の等高線はほぼ水平になる。また、スペーサーが4個のみであるモデルAのCase0では図11(b)のようにスペーサーが熱

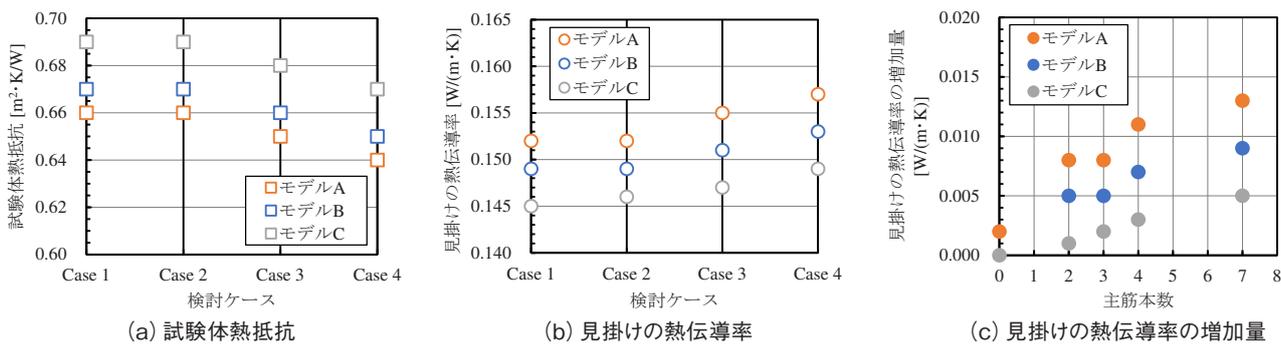


図10 CFD解析による試験体熱抵抗および見掛けの熱伝導率の比較（スペーサー個数による比較）

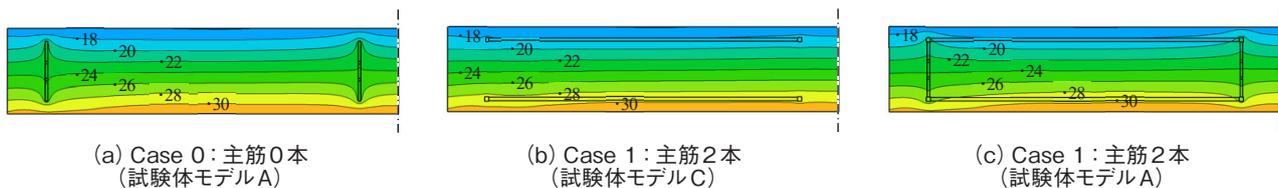


図11 CFD解析結果（試験体内温度分布）（単位：[°C]）

橋として作用していることがわかる。これらの結果から図11(c)に示すモデルAのCase1では試験体下部から上部に向かう熱流の方向に対してスペーサーが熱橋として働き、さらに主筋や副筋が熱流の方向と直交する方向に熱を伝搬することでモデルAのCase1における見掛けの熱伝導率が高くなったと考えられる。

4. 試験体厚さが断熱性能に与える影響に関する検討

市販のALCパネルは厚さ100mmの製品が多いが、製品によっては厚さ150mmのものもある。今回の測定に用いた校正熱箱で測定可能な最大厚さは100mmであるため、本研究では厚さ150mmの試験体モデルを対象に校正熱箱法による測定状況を再現したCFD解析によって見掛けの熱伝導率などについて検討を進める。

4.1 解析ケースおよび解析条件など

ここでは、厚さが150mmで補強鉄筋と4個のスペーサーがあるモデルを「試験体モデルD」、厚さが150mmで補強鉄筋やスペーサーがないモデルを「試験体モデルE」とする。

解析ケースは前述の試験体厚さ100mmのモデルAの場合と同様に、主筋などの補強鉄筋がない状態についてはCase0とし、主筋の本数に応じてCase1（主筋2本）からCase4（主筋7本）までとした5つのケースを想定する。試験体モデルDにおける補強鉄筋などの配筋については、例えば主筋本数が3本のCase2では図12に基づいてモデル化し、各ケースの試験体体積に対する補強鉄筋とスペーサーの体積比を表す補強鉄筋体積比率は表9のようになる。厚さ150mmの試験体モデルにおいても補強鉄筋などの断面を正方形により再現し、補強鉄筋を含む解析ケースでは

表7 解析結果（スペーサー個数による比較）

(a) 試験体モデルB（スペーサー2個）

解析ケース	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
見掛けの熱伝導率 [W/(m·K)] (モデルC・Case 1に対する増加量)	0.149 (-)	0.149 (0.000)	0.151 (0.002)	0.153 (0.004)

(b) 試験体モデルC（スペーサー0個）

解析ケース	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
見掛けの熱伝導率 [W/(m·K)] (モデルC・Case 1に対する増加量)	0.145 (-)	0.146 (0.001)	0.147 (0.002)	0.149 (0.004)

表8 解析結果（スペーサーおよび補強鉄筋の有無による比較）

解析ケース	Case 0		Case 1	
	モデルC (図7(a))	モデルA (図11(a))	モデルC (図11(b))	モデルA (図11(c))
見掛けの熱伝導率 [W/(m·K)] (モデルC・Case 0に対する増加量)	0.144 (-)	0.145 (0.001)	0.146 (0.002)	0.152 (0.008)

表9 解析モデルなど（試験体厚さが断熱性能に与える影響）

(a) 試験体モデル

試験体モデル	モデルD	モデルE
スペーサー [個]	4	0

(b) 解析ケース

解析ケース		Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
主筋 [本]	上側	0	2	3	4	7
	下側	0	2	3	4	7
副筋 [本]	上側	0	2	2	2	2
	下側	0	4	4	4	4
補強鉄筋体積比率 [%]		-	0.21	0.28	0.62	1.02

Case4の補強鉄筋体積比率が最も高い。解析モデルはこれまでのCFD解析において検討した恒温室を模擬した空間とする。

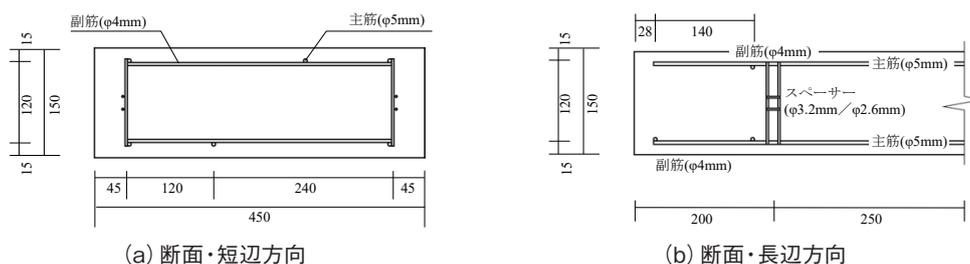


図12 試験体モデルD (厚さ150mm) の補強鉄筋などの配筋状況 (Case 2 (主筋3本/スパーサー4個)) 単位: [mm]

4.2 解析結果および考察

各ケースの試験体内温度分布を図13に、低温側と高温側の試験体表面温度分布を図14に示す。また、各ケースの熱貫流抵抗や見掛けの熱伝導率を表10に示す。

(1) 試験体内温度分布および試験体表面温度分布

図7に示した厚さ100mmの場合と同様にスパーサーが熱橋となって、補強鉄筋やスパーサーがない試験体モデルEのCase0 (図13(a))と試験体モデルDのCase1 (図13(b))やCase4 (図13(c))との間には補強鉄筋やスパーサー周辺において温度分布に差異がみられる。また、試験体表面温度分布においては図8に示した試験体モデルA (厚さ100mm) の場合に比べて低温側と高温側のいずれにおいても約1℃の差異がみられ、低温側ではスパーサーによる影響が大きい。

(2) 見掛けの熱伝導率

次に、試験体厚さ100mmのモデルAと厚さ150mmのモデルDにおける補強鉄筋体積比率と見掛けの熱伝導率を表11に示す。各モデルの見掛けの熱伝導率を比較すると、

厚さ100mmと厚さ150mmの見掛けの熱伝導率はほぼ同じ値になる。しかし、各モデルのCase1やCase2では厚さ150mmの方が見掛けの熱伝導率がやや高くなった。

補強鉄筋体積比率と見掛けの熱伝導率との関係に着目する。補強鉄筋体積比率と見掛けの熱伝導率との間には図15に示す近似直線が得られ、前述のCase1やCase2においてみられる差異は補強鉄筋体積比率が関係しているものと考えられる。また、図に示す2つの近似直線を比較すると、補強鉄筋体積比率が等しい場合において見掛けの熱伝導率はモデルA (厚さ100mm) に比べてモデルD (厚さ150mm) の方が0.002W/(m・K)程度高くなった。この差が生じる要因のひとつとしてスパーサーの長さが影響していると考えられる。すなわち、モデルAでは厚さ100mmに対してスパーサーの長さは70mmであり、スパーサーは試験体下部から上部への熱流方向に対して70%を占める(図4(e)参照)。一方、モデルDでは図12(b)のように厚さ150mmに対してスパーサーの長さは120mmであり、スパーサーは熱流の方向に対して80%を占めている。ALC

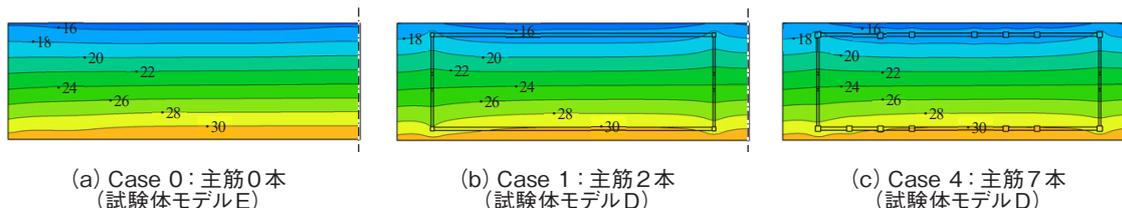


図13 CFD解析結果 (試験体内温度分布) 試験体厚さ150mm (単位: [°C])

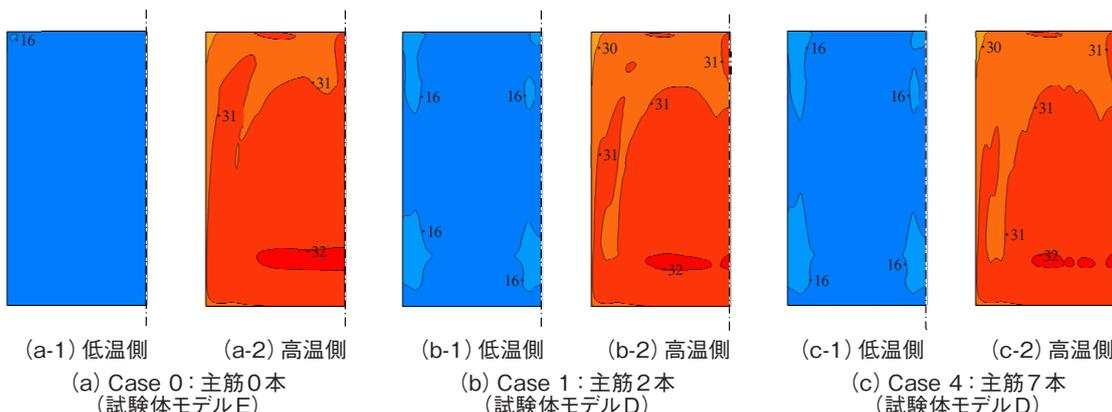


図14 CFD解析結果 (試験体表面温度分布) 試験体厚さ150mm (単位: [°C])

表10 解析結果（試験体厚さによる比較）

解析ケース	Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
試験体モデル	モデルE	モデルD			
見掛けの熱伝導率 [W/(m·K)] (Case 1に対する増加量)	0.144 (-)	0.153 (-)	0.154 (0.001)	0.155 (0.002)	0.157 (0.004)

表11 補強鉄筋体積比率および見掛けの熱伝導率の比較

解析ケース	Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	
補強鉄筋体積比率 [%]	試験体厚さ 100mm	-	0.31	0.41	0.91	1.53
	試験体厚さ 150mm	-	0.21	0.28	0.62	1.02
見掛けの熱伝導率 [W/(m·K)]	試験体厚さ 100mm	0.144	0.152	0.152	0.155	0.157
	試験体厚さ 150mm	0.144	0.153	0.154	0.155	0.157

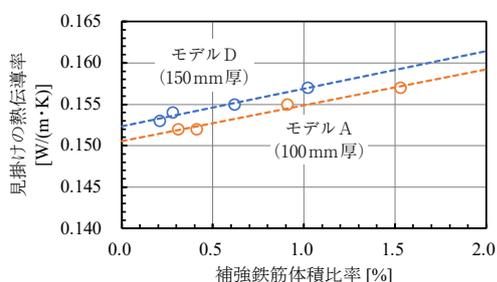


図15 補強鉄筋体積比率と見掛けの熱伝導率との関係

パネルにおいて熱橋の主たる要因であるスペーサーの熱流方向に占める割合がモデルAとモデルDによって異なっており、試験体厚さに対するスペーサー長さの比率の違いが見掛けの熱伝導率の差に表れている可能性がある。

5. 結論

本稿では、ALCパネル内部の補強鉄筋やスペーサーがその断熱性能などに与える影響について校正熱箱法に基づく測定とこの測定状況を再現したCFD解析の結果を紹介した。さらに、CFD解析により補強鉄筋の本数の違いや補強鉄筋を固定するためのスペーサーの有無などに着目した検討を行い、以下の知見が得られた。

- ① 校正熱箱法による見掛けの熱伝導率に関する測定結果とCFD解析により算出した結果は両者の補強鉄筋体積比率が近いCase1やCase2では概ね対応した。また、補強鉄筋などがある試験体の熱伝導率と補強鉄筋やスペーサーがない試験体と間には0.008～0.013 W/(m·K)の差がみられ、補強鉄筋がALCパネルの断熱性能に与える影響を確認した。
- ② 校正熱箱法による測定状況を再現したCFD解析により補強鉄筋やスペーサーの有無が断熱性能に与える影響を検討した。その結果からスペーサーが熱流方向に対して熱橋となることを確認した。また、主筋や副筋が熱流方向と直交する方向に熱を拡散するため、両者の

影響が組み合わされることでALCパネルの断熱性能に影響を与えていると考えられる。

- ③ 試験体厚さがそれぞれ150mmと100mmの試験体モデルを対象としたCFD解析を行い、試験体厚さが見掛けの熱伝導率などに与える影響について検討した。一部のケースにおいて厚さ150mmの見掛けの熱伝導率の方が厚さ100mmの値に比べてやや高くなる傾向がみられた。

【注釈】

- 1) 校正熱箱法では試験体の高温側と低温側の表面温度を各5点の測定点の平均値で代表させていた。一方、CFD解析では表面全体の平均値を用いて見掛けの熱伝導率を算出した。図8に示すように試験体表面には若干の温度分布があることを考慮するとCFD解析のように面全体の平均値を用いる方が適切であると考えられる。
- 2) 測定における試験体熱抵抗はCase1に比べて補強鉄筋体積比率が高いCase2やCase3の方が高くなる結果となった。この差は測定における不確かさの範囲であると考えられる。すなわち、測定では試験体表面温度を測定した5点の平均値により熱伝達抵抗を算定しており、これが測定における不確かさの要因のひとつになる可能性がある。
- 3) 本研究で測定に用いたALCパネルの試験体は測定用に特別に製作されたものである。また、製作上の制約から450mm×900mm×厚さ100mmのパネルを2枚作成し、これらを合わせた試験体(900mm×900mm×厚さ100mm)を対象に測定した。なお、強度を維持するために1枚のALCパネルの中には4個のスペーサーが必要になる。すなわち、1試験体あたり8個のスペーサーがある。一方、一般的な製品におけるスペーサーの個数は表面積1m²あたり3個程度である。したがって、今回測定した試験体には一般的な製品に比べて約3倍の密度でスペーサーが使用されている。

【謝辞】

本研究における校正熱箱法による測定結果は一般社団法人・ALC協会から一般財団法人・建材試験センターに委託して得られたものである。また、本研究は一般社団法人・ALC協会内に設置された「JIS A 5416 改正事前勉強会(主査:宇都宮大学准教授 藤本郷史)」における活動の一部である。関係各位に対し、ここに記して深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 近藤 靖史, 長澤 康弘, 成田 航: 校正熱箱法に基づく測定と解析による補強鉄筋を含むパネルの断熱性能の検討, 日本建築学会環境系論文集, 第88巻, 第812号, pp.779-788, 2023.10
- 2) JIS A 1420: 1999, 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
- 3) 長澤 康弘, 近藤 靖史: CFD解析による異形断熱材の断熱性能評価方法に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第87巻, 第797号, pp.417-427, 2022.7

近藤靖史

東京都市大学 名誉教授 博士(工学)
専門分野: 建築環境工学(空気環境、温熱環境)
最近の研究テーマ: 空調・換気効率、断熱・遮熱

長澤康弘

近畿大学 建築学部建築学科 教授 博士(工学)
専門分野: 建築環境工学(温熱環境、空気環境)
最近の研究テーマ: 断熱・遮熱、建築設備、数値流体解析

ALCパネルの埋込みアンカーの力学特性に関する実験的検討



東京科学大学 総合研究院 教授

吉敷 祥一

1. はじめに

著者は、いわゆる「建築構造」を研究領域としており、学生時代から構造部材の耐震・免震・制振技術などの研究に取り組んでいる。本稿の主題であるALCパネルについては、『JIS A 5416 軽量気泡コンクリートパネル』の改定原案作成委員会分科会の幹事を2014年3月から務めさせていただいて以来、10年以上の付き合いとなる。と言っても、当初は地震被害でALCパネルの損傷をみることはあっても、自分自身でALCパネルを研究対象とすることはなかった。当該JISの運営や業界の素晴らしい点は、いわゆる「材料施工」分野の専門家だけでなく、鋼構造の研究者を委員に含めていることにあると思うが、著者自身は大した役割を果たせずに議論に参加していた。

しかし、ふたたび『JIS A 5416 軽量気泡コンクリートパネル』の改定原案作成委員会分科会に2023年6月から招集され、本寄稿で紹介するALCパネルの研究りに着手することとなった。この発端となったのは『JIS A 5416:2016』の「附属書B(参考)埋設部品の引抜き強さ試験装置」において、後述する2種類の方法(B.1法、B.2法と呼ぶ)が提示されていることであった。具体的には「A5416:2016 解説」の5 懸念事項 c) において「埋設部品の引抜き

試験の試験装置及び試験体の設置例を、附属書Bの図として二通り掲載したが、規格制定の原則に従い、統一化の方向で試験方法の妥当性について検討する」とあり、これを改定時に検討したいというものであった。実際に用いる埋設部品の引抜き試験のセットアップを図1に示す。また、ここでいう埋設部品とは、ALCパネル外壁を例にすれば図2に示すようなALCパネルの取付金物の一部であり、構造躯体に固定して風圧力(負圧)に抵抗するとともに、縦壁ロック機構法の基点の役割を果たすALCパネルにあらかじめ埋設するアンカーのことである。本寄稿では、以後、“埋込みアンカー”と称する。

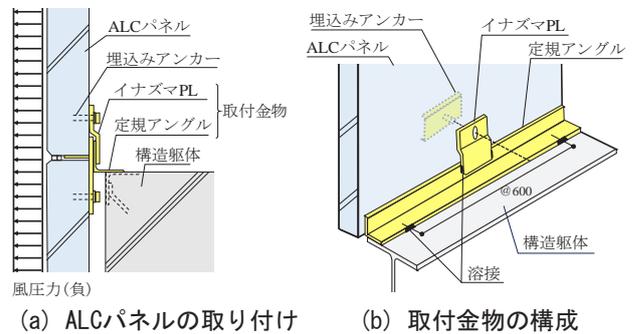


図2 ALCパネル外壁の概要

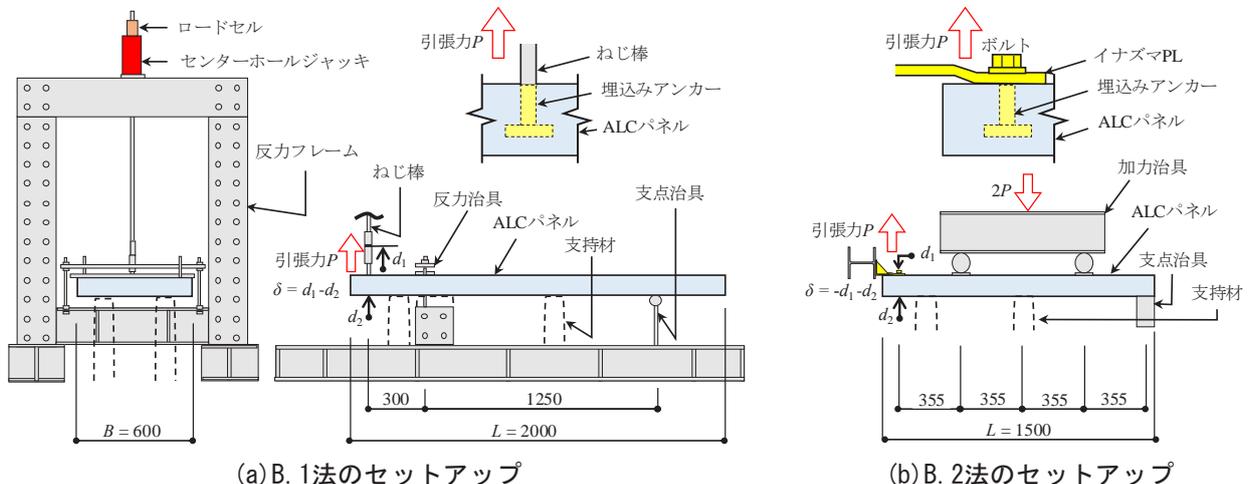


図1 埋設部品の引抜き強さ試験のセットアップ

この埋込アンカーに関連するALC業界の実状をヒアリングすると、該当する埋込みアンカーを設けたALCの製造者は2社(A社、B社とする)であり、A社がB.1法、B社がB.2法を用いているとのことであった。力学的にはB.1法とB.2法に差異はないが、差異がないことを証明するための構造実験を実施する必要がある。この検証の方法としては、

- (I) A社のパネルをB.1法、B.2法の実験で破壊させる
 - (II) B社のパネルをB.1法、B.2法の実験で破壊させる
- のいずれかを実施すればよいと考えた。ただし、前述したようにA社でB.2法を、またB社でB.1法を実施することはできないため、この検証を行うためにはA社とB社のいずれかが自社製造のALCパネルを競合他社に送って実験してもらう必要がある。したがって、双方が対等の条件となるには、(I)、(II)の両方を行うのがよいとの結論に至った。もちろん、双方は相手側の実験に立ち会うことはできないため、ここは中立的立場をとれる当研究室が実験を取り仕切ることになった。自社製品を競合他社に送って実験というのはなかなか難しいが、ALC協会を介して複数社の埋込みアンカーを同一条件にて実験し、その結果を公開できる点は非常に貴重な取り組みであったといえる。

2. 埋込みアンカーの引抜き強さ試験

2.1 試験体

試験体は、ALCパネルにあらかじめ埋設された埋込みアンカーである。試験体の概要を図3に示す。なお、前述したように、本実験の目的は試験方法の妥当性の検証であ

り、製造業者の仕様の違いによる耐力の比較が目的ではない。ALCパネルは、幅 $B=600\text{mm}$ 、厚さ $t=100\text{mm}$ 、長さ $L=1,500$ もしくは $2,000\text{mm}$ である。長さを2種類用意しているのは、実験セットアップの都合に依る。補強材は、 $\phi 5$ の鉄筋をALCパネルの縦(長さ)方向に8本配置し、厚さ方向に2段とした溶接金網であり、かぶり厚さは 15mm である。また、埋込みアンカーはALCパネルの幅方向のほぼ中央かつ端あき 80mm の位置に配置されている。これらの仕様は両者で共通である。試験体は前述した2種類の実験方法のそれぞれに対して3体ずつ用意し、計12体(=2×3×2)について実験を実施する。

2.2 実験方法

本実験の肝である実験方法について、改めて詳細を説明する。実験方法は『JIS A 5416』に示されるB.1法、B.2法の2種類であり、加力点、計測方法、および取付金物の有無などは異なるが、埋込みアンカーの引抜き強さ試験装置としての差異はない。実験結果のちょっとした種明かしになるが、両実験方法において力学特性に影響を与える差異としては、B.1法では直接埋込みアンカーを引っ張るのに対して、B.2法ではイナズマPL、定規アングルを模した取付金物を介して引っ張る点が挙げられる。

(1) B.1法のセットアップ

B.1法(図1(a))は、ALCパネルを中央・左端の支持材(図中の破線)と右端の支持治具の計3点で水平に設置し、埋込みアンカーに加力用のねじ棒を接続すると共に鉛直方向の浮き上がりを防止する反力治具を取り付けた後、2点の支持材を開放して行う。载荷はねじ棒を反力フレーム上

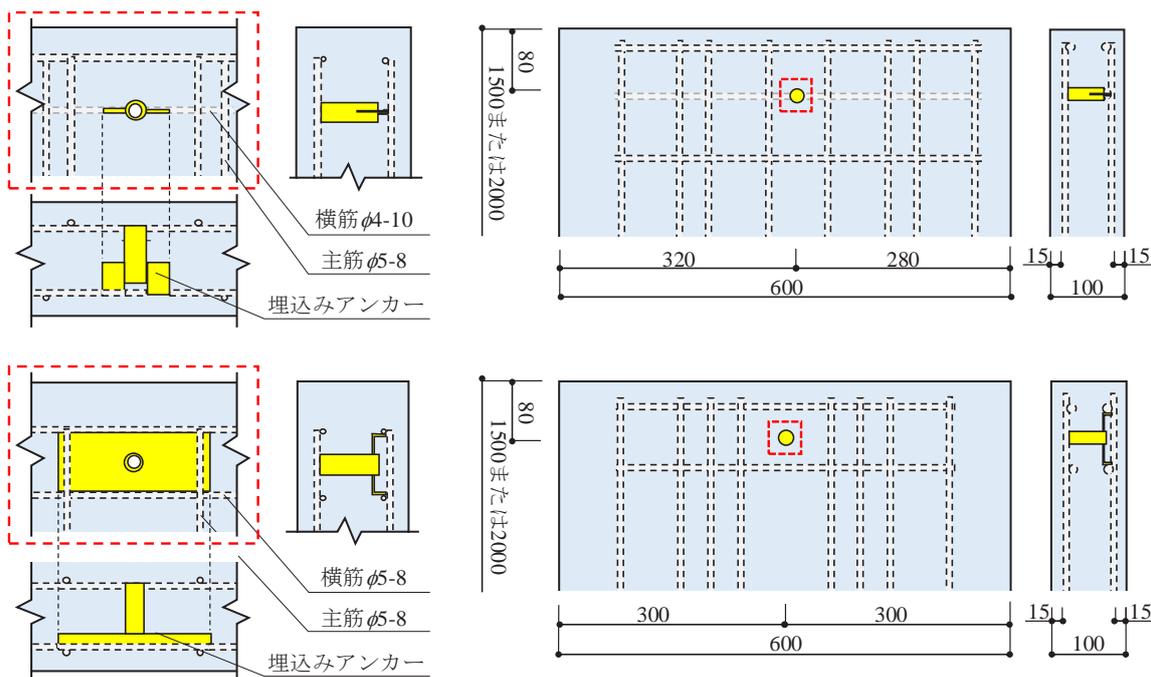


図3 試験体の概要(上段:A社、下段:B社)

のロードセルを介在させたセンターホールジャッキを用いて行う。したがって、載荷時は、反力治具から先のALCパネルの曲げ変形を含みながら埋込みアンカーが引き抜かれる状態となる。荷重 P はロードセルにて計測し、変形 δ はALCパネルに対するねじ棒の相対鉛直変位として得る。

(2) B.2法のセットアップ

一方、B.2法(図1(b))は、ALCパネル自身の曲げ性能を把握する実験方法を応用したものである。実験は、ALCパネルを中央・左端の支持材(図中の破線)と右端の支持治具の計3点で水平に設置し、埋込みアンカーを別途固定されているH形鋼に取付金物(イナズマPL、定規アングル)を介して接続した後に2点の支持材を開放して行う。載荷はALCパネルの材長の4等分した中央2点に線荷重を与える等曲げ形式で行う。したがって、載荷時はB.1法と同様に加力点から先のALCパネルの曲げ変形および取付金物の変形を含みながら埋込みアンカーが引き抜かれる状態となる。荷重 P は試験機のロードセルにて計測した値の半分であり、変形 δ はALCパネルに対する取付金物の相対鉛直変位として得る。

ここで取付金物の詳細を図4に示す。定規アングルを等辺山形鋼L65×6、イナズマPLを9mm厚の鋼板とした仕様を標準仕様(図4(a))と称し、これを製造業者A、Bの双方で共通して使用する。また、次節にて説明するが、実験中に取付金物の変形がみられた試験体について、補強仕様(図4(b))と称して定規アングルとイナズマPLを増強した仕様も用意している。なお、取付金物はB.2法についてのみ使用している。

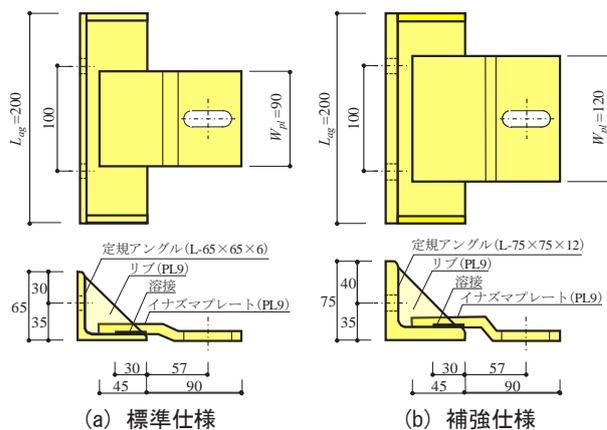


図4 B.2法において用いる取付金物の詳細

2.3 実験結果と考察

実験より得られた代表的な試験体の荷重変形関係、およびALCパネル表面のひび割れ状態を図5に示す。図中の上段がA社、下段がB社の結果である。また、荷重変形関係では、B.1法より得られた結果を実線にて、B.2法より得られた結果を破線にてそれぞれ表示しており、最大耐力点とその具体的な値を○印と数字にて示している。

(1) A社のALCパネルを用いた実験結果

まずA社の実験結果(図5上段)をみると、埋込みアンカーを直接引張るB.1法(実線)に比べて、取付金物を介在させたB.2法(破線)は初期剛性が1/10~1/20程度に低くなっている。次いで最大耐力に至るまでの挙動をみると、B.1法では最大耐力に至るまで概ね直線的な挙動を示

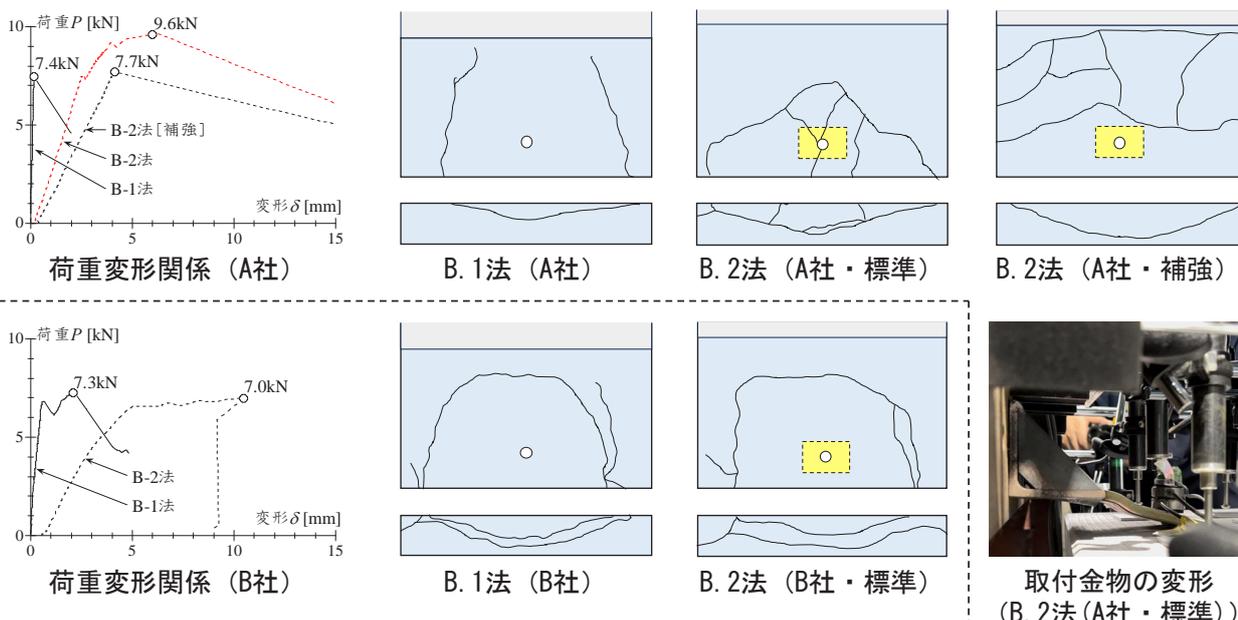


図5 荷重変形関係と実験後のひび割れ状態(上段:A社、下段:B社)

しているのに対して、B.2法の標準仕様（赤色破線）では荷重が二度わずかに低下し、剛性が緩やかに低下した後最大耐力に至っている。B.1法の最大耐力が7.4kN程度であり、B.2法も同程度の荷重から非線形化が生じている。これは、目視からも図5右下に示す取付金物の塑性変形によるものであることが確認されている。ここで注目すべきは、最大耐力は取付金物の塑性変形が生じたB.2法は9.4kNにまで達し、埋込みアンカーを直接引っ張るB.1法（7.4kN）より高い点である。

この結果を受け、取付金物の変形を抑制するための補強仕様を用い、予備として用意していた同一のALCパネルにて再度実験を行った。B.2法の補強仕様（黒色破線）は、埋込みアンカーを直接引っ張るB.1法（実線）と同様に最大耐力に至るまで概ね直線的な挙動を示し、さらに最大耐力も7.7kNと、B.1法との差はわずかに0.3kNであり、試験装置の差異が小さい結果が得られている。一方、ALCパネル表面のひび割れ状態に着目すると、取付金物の変形が抑制された補強仕様は広い範囲にまでひび割れが及んでいるのに対して、取付金物が塑性変形した標準仕様ではひび割れの範囲が狭いことがわかる。したがって、取付金物の塑性変形が生じた試験体では、イナズマPLの先端にてこの反力が生じてALCパネルの引抜きに対する拘束が増したため、アンカーを直接引っ張るB.1法に比べて最大耐力が上昇したものと考えられる。なお、ここでは省略するが、本稿の基となる文献¹⁾では拘束範囲が最大耐力に及ぼす影響を実験的に確認している。

(2) B社のALCパネルを用いた実験結果

次いでB社の実験結果（図5下段）をみると、埋込みアンカーを直接引っ張るB.1法（実線）に比べて、取付金物を介在させたB.2法（破線）の初期剛性が1/10～1/20程度に低くなっている点は同様であるが、取付金物が標準仕様であっても同程度の最大耐力が得られている。また、ALCパネル表面のひび割れ状態についてもB.1法とB.2法で概ね同様の様相を呈している。したがって、埋込みアンカーの耐力を評価する上では、『JIS A 5416』にて示される2種類の試験方法の違いに依らず、いずれも妥当な方法であるといえる。

3. まとめ

本稿では『JIS A 5416：2016』にて示された懸念事項への対応をきっかけとして実施した実験研究について紹介した。実験結果より、2種類の埋設部品の引抜き強さ試験装置は、いずれも埋込みアンカーの最大耐力を評価する上で差異はなく、妥当であることがわかった。しかし、一方では定規アングルやイナズマPLといった取付金物を含むB.2法において塑性変形が生ずると、ALCパネルの引抜きに対する拘束が強まり、正確な最大耐力の評価ができないこ

とも示された。『JIS A 5416：2025』では「試験方法が異なっても埋設部品に作用する引抜き荷重は力学的に等しく、実験結果もほぼ同等の結果が得られたため、いずれの試験方法を選択してもよいこと、及び図B.2中のALCパネル固定金具は引抜き強さ相応の十分な強度・剛性をもつものとする」と追記されるに至っている。

なお、本研究が終わった後もALC協会との協力関係を維持しており、ALCパネル外壁に面内変形と面外荷重を同時に作用させた場合の変形追従に関する実験²⁾、地震時に脱落被害がみられる縦壁挿入筋構法を外観調査から判別する方法の確立³⁾に取り組んでいる。これらの研究論文も興味があれば、ぜひご覧いただきたい。

【謝辞】

ここで紹介した論文は、大鶴駿介君が修士論文の一部として取り組んだ成果であり、楊暁雨さん（神奈川大学・助教）、黒澤未来さん（東京科学大学・助教）、およびALC協会の多大なる協力の下で実施しました。ここに記して関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 大鶴駿介, 楊暁雨, 黒澤未来, 吉敷祥一, 山下泰介, 遠藤利二: ALCパネルにおける取付金物の力学挙動, 日本建築学会構造系論文集, 第89巻 第825号, pp.1184-1194, 2024.11
- 2) 大鶴駿介, 黒澤未来, 吉敷祥一, 松下健一, 沖佑典, 遠藤利二, 山下泰介: 面内変形と面外荷重を同時に受けるALCパネル外壁の変形追従性能に関する実験, 日本建築学会技術報告集, 第31巻, 第77号, pp.80-85, 2025.2
- 3) 清水良平, 津川和磨, 吉敷祥一, 藤田康介, 和田泰典, 大迫勝彦, 青木孝二, 遠藤利二, 安田和生, 宮腰剛克, 小椋義弘, 三浦且義: ALCパネル外壁の縦壁挿入筋構法の判別方法(その1, 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.985-988, 2025.9

<プロフィール>

東京科学大学 総合研究院 教授
専門分野: 建築構造、耐震工学
最近の研究テーマ: 鋼構造物における被災度区分判定法の高度化・被災後補修法の構築、構造部材におけるスケール効果の解明、非構造部材の地震時損傷抑制

JIS A 5416 軽量気泡コンクリートパネル (ALCパネル)の改正について



認証ユニット 企画管理課 課長 兼 認証ユニット 製品認証本部 JIS 認証課 参与

鈴木敏夫

1. はじめに

軽量気泡コンクリートパネル（以下「ALCパネル」という）は、1960年代初めに日本へ技術導入され、1960年代中頃から建築物への使用が本格的になり、これまでに多くの建築物の外壁、間仕切壁、屋根版、床版及び耐火被覆材などに用いられてきた。ALCパネルは、軽量性、断熱性、不燃性、耐火性などの優れた特長をもつ多機能建材であり、日本における1960年代以降の建築社会の発展とともに、ALCパネルの技術も普及、発展を遂げながら今日に至った。

このJIS A 5416は“ALC構造設計基準”が旧建築基準法第38条の規定により認定された後の1972年に制定されたものである。その後、1975年、1978年、1979年、1985年、1995年、1997年、2007年及び2016年の改正を経て、今日に至った。

2. 今回の改正の趣旨

環境問題を背景にした断熱性能への期待、木質材料との複合使用の増加など、ALCパネルに対する社会的ニーズは近年、高度化・多様化している。そこで、今回の改正では、これらの社会的ニーズの変化と2016年改正時の懸案事項を踏まえて、生産者の品質管理に適した断熱性能の試験方法及び規定値に改めるとともに、埋設部品の引抜き強さ試験において、2種類のいずれの方法を用いてもよいことを実験で確認し規定とした。さらに、補強材の種類、模様の種類、ALCパネルの用途などを追加して、多様なニーズへの対応を図った。

3. 審議中に特に問題となった事項

今回のこの規格の改正審議において問題となった主な事項及び審議結果は、次のとおりである。

3.1 断熱性能

断熱性能について、使用者から「熱抵抗より熱伝導率等で示された方が、壁体等の総合的な断熱性能を算出する上で使いやすい場合がある」という意見があった。

また、生産者からは2016年版（以下、旧規格という）の試験方法は試験体の製作及び調整に手間がかかり、かつ試験装置自体の所有者が少ないこともあり、試験頻度を上げられないという意見があった。規格値はこれまで試験頻度を鑑みて、安全側で規定していたが、実際の断熱性能は規格値よりも高いという報告があることから、使用者と生産者の双方から規格値の改正の要望があった。

中立者からは、旧規格の試験方法は、ISO 554 [Standard atmospheres for conditioning and/or testing—Specifications (調整及び/又は試験の標準雰囲気—仕様)] で推奨する測定温度と異なっており、測定温度が断熱性能に大きな影響を及ぼすことから、国際規格と整合させる必要があるという意見があった。

以上の意見を基に、今回、JIS原案作成委員会において断熱性能について審議した。この中で検討した事項とその審議結果を次に示す。

3.1.1 断熱性能の表し方

使用者の意見を取り入れ、旧規格で採用していた熱抵抗から熱伝導率への変更を審議した。さらに中立者から、ALCパネルのような補強材を含む均一でない材料の熱伝導率について、一般的な熱伝導率と用語上区別すべきという意見があり、今回の改正では“見掛けの熱伝導率”という用語を採用した。

3.1.2 ALCパネルの含水率の取り扱い

製造直後のALCパネルの含水率は高いが、素材の特性上、短い期間で乾燥が進むといわれている。そこで、屋内実験により求めた平衡含水率を基に、断熱性能の品質規格及び試験方法を定めた。

3.1.3 試験方法の検討

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)の附属書Bに規定されている校正熱箱法に代わる試験方法について検討した。

熱伝導率の試験方法としては、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)]及びJIS A 1412-2[熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法－第2部:熱流計法(HFM法)]があり、材料の熱抵抗を測定し、均質材料の場合に熱伝導率を算出することが可能な方法である。これらの試験方法は、比較的試験体の準備が容易で測定も簡易であるが、補強材等を含まないALCの熱伝導率のみ適用できる。そこで、JIS A 1420による測定値との比較により、補強材等の影響を分析するとともに、JIS A 1420では測定できない厚さのALCパネル及び補強材に附属する鋼製スペーサーの影響について、CFD(Computational Fluid Dynamics)解析によって検討した。

これらの検討を基に審議を行い、補強材の無いALCの熱伝導率に補正值を加算して補強材のあるALCパネルの見掛けの熱伝導率を計算する方法を定め、試験方法の規格として取り入れることとした。

3.1.4 校正熱箱法の適用

旧規格に規定されている校正熱箱法についても、適切な校正熱量をあらかじめ準備すること、ISO 554で推奨する温度と温度許容差として $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ を採用することを条件に適用できることとした。

3.2 埋設部品の引抜き強さ試験方法

旧規格の附属書に2種類の試験装置が例示されており、試験装置の統一が2016年改正時の懸案事項となっていた。

今回、2種類の試験装置を用いて同じ仕様のALCパネルの埋設部品の引抜き強さ試験を行い、両者に力学的な違いはなく、得られる結果がほぼ同等であることが確認できた。したがって、いずれを選択してもよいことを追記した。

3.3 厚形パネルの用途

生産者より、鉄骨の柱・はりの耐火被覆材及び木造床の遮音材等、旧規格で規定していなかった用途についても厚形パネルを適用したいとの意見があった。審議の結果、厚形パネルの用途による区分のうち、“間仕切壁用”を“間仕切壁その他用”と改正した。

3.4 意匠パネル例の追加

3.4.1 模様の種類・深さ

生産者より、多様なニーズに対応するために、既に市販されているさまざまな模様を本規格に取り入れたいとの意見があった。審議の結果、模様の形状・深さが不均一な割石模様、エンボス模様及びブラスト加工模様等を“エンボス模様”と定義し、意匠パネル例に追加した。また、1995年版の規格に参考として記載されていた、断面の内側が曲

面状に加工された厚形コーナーパネルは、1997年改正でコーナーパネルJIS化に伴い削除されていたが、市場のニーズは依然として存在しており、一部の生産者が大臣認定を取得して販売を続けていることから、模様深さの大きいALCパネルの例を附属書Cとして追加した。さらに、模様深さの規定についても、30mmを超える深さへの改正を検討したが、検証が十分でないため、附属書Cに図を一部掲載し、呼び寸法としての規格化は次回以降への懸案事項とした。

3.4.2 凹凸が不均一な模様深さの測定方法

中立者より、エンボス模様等の模様深さの測定方法を分かりやすくしてほしいとの意見があった。審議の結果、ノギスの他、JIS B 7518(製品の幾何特性仕様(GPS)一寸法測定器—デプスゲージ)に規定するデプスゲージを用いる方法を追加した。また、表面の凹凸によって直接ノギス又はデプスゲージが使えない場合の測定方法を新たに規定した。

3.4.3 厚さ及び有効厚さの定義

模様深さの大きいALCパネルを意匠パネルに追加するに当たり、小口面の形状がく(矩)形断面ではなくなるため、本文5.2に規定するALCパネルの品質(特に曲げ強さ及び断熱性能)を担保する断面を“有効厚さ”と定義し、“厚さ”と区別する案について審議した。その結果、規格が複雑化するとの意見が大勢を占めたため、附属書Cに参考として記載するに留め、“有効厚さ”は定義しないこととした。また、意匠パネルについては、実験結果を基に、模様加工後の厚さ以下の平パネルと同等であることを追記した。

3.4.4 意匠パネルの曲げ強さ及び埋設部品の引抜き強さ

意匠パネルの曲げ強さ及び埋設部品の引抜き強さについて審議され、曲げ強さ試験に供する試験体は、同じ条件下で製造された平パネルを用いてもよいことを明記した。

埋設部品の引抜き強さ試験に供する試験体は、意匠パネルと同じ条件下で製造された平パネルを用いてもよいことを明記した。

3.4.5 仕上塗材などの塗料又は防水材料を製造工場で塗布したALCパネルの扱い

2007年改正時の継続検討事項であった“仕上塗材などの塗料又は防水材料を製造工場に塗布したALCパネルの扱い”について、前回改正時では出荷量が少なく改正を見送ったが、今回も同様な状況であるため、本検討事項は前回改正時の結果をもって終了とした。

なお、塗料や防水材料を製造工場に塗布したALCパネルはこの規格に規定していないが、JISマーク表示制度において認証された製品としてのALCパネルには、これら塗料又は防水材料を塗布したものがあり、この規格に規定される品質をもつものとして取り扱われている。

4. 懸案事項

今回の改正に当たり、今後対応が必要となる事項がいくつか残された。以下に未解決の課題について具体的に示す。

- ・断熱性能の試験方法及び見掛けの熱伝導率を規定するに当たり、ALCパネルの含水率が熱性能に大きな影響を及ぼすことから、平衡含水率及び竣工後半年程度の実物件の含水率データを基に試験時含水率を規定した。今後も実物件のデータ収集を継続し、整合性を検証する。
- ・断熱性能試験方法の変更によって、試験頻度を上げることが可能になるため、各生産者において測定データを蓄積し、規定値のさらなる改正が可能か検討する。
- ・設計者の要望に応じた自由な表面形状の意匠パネルを可能とするため、寸法等の規定方法や意匠加工部分の耐久性等について検討する。
- ・脱炭素社会への対応と資源の循環利用に向けた取り組みにおいて、本規格でも指標を示し、環境負荷の影響度を定量化できるよう検討する。

5. JIS認証事業者の対応

今回の規格改正の移行期間は、JISのまえがきに記載のとおり1年間(2026年5月19日まで)であるため、JIS認証事業者は、移行期間中に改正後のJISへの移行を行い、登録認証機関へ変更申請を提出する必要がある。また、以下の場合には臨時審査の対象となる。

- ・ALCパネルの断熱性能試験で、ALCパネルの見掛けの熱伝導率を求める試験方法が追加された。また、従前の校正熱箱法は一部試験条件を変更し附属書Aに規定されている。これにより追加された方法を採用する場合は、臨時審査の対象となる。
- ・パネルの寸法測定試験でエンボス模様の場合と、模様加工後の厚さが直接測れない場合について追加された。こちらについても追加された方法を採用する場合は、臨時審査の対象となる。

6. おわりに

本稿では、JIS A 5416の改正概要及び改正原案作成委員会における審議内容を紹介した。この規格基準紹介が本規格を使用する皆様の一助となれば幸いである。

なお、ALCパネルに関する製品認証をご希望の方は認証ユニット製品認証本部に、試験に関するお問い合わせは、中央試験所または西日本試験所までお願いいたします。

参考文献

- 1) JIS A 5416 : 2025, 軽量気泡コンクリートパネル (ALCパネル)
- 2) JIS A 1420 : 1999, 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
- 3) JIS A 1412-1 : 2016, 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)
- 4) JIS A 1412-2 : 1999, 熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第2部:熱流計法 (HFM法)
- 5) ISO 554 : 1976, [Standard atmospheres for conditioning and/or testing—Specifications (調整及び/又は試験の標準雰囲気—仕様)]
- 6) JIS B 7518 : 2023, 製品の幾何特性仕様 (GPS) —寸法測定器—デプスゲージ

【JIS認証に関するお問い合わせ先】

製品認証本部 JIS 認証課

メール: jjs_ninsyoka@jtccm.or.jp

TEL: 03-3808-1124

【試験に関するお問い合わせ先】

中央試験所 材料グループ (試験全般)

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

中央試験所 環境グループ (断熱性能)

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

中央試験所 構造グループ

(パネルの曲げ強さ、埋設部品の引抜き強さ)

TEL: 048-935-9000 FAX: 048-935-1720

西日本試験所 (試験全般)

TEL: 0836-72-1223 FAX: 0836-72-1960

<プロフィール>

認証ユニット企画管理課 課長 兼 認証ユニット製品認証本部 JIS 認証課 参与
 従事する主な業務: 管理業務及びJIS認証関係業務

あの人に聞いてみた!

機関誌「建材試験情報」をできるだけ多くの人に読んでもらいたい、という思いで考えた「あの人に聞いてみた!」。今回は、コンクリート構造物の維持管理(点検・調査)、非破壊検査などの建設コンサルタント業務に携わっておられる株式会社日本インシーク中山聡子様これまでの経験や考え方についてお話を伺いました。新たな視点を学べる内容となっていますので、ぜひ多様な分野の知見に触れてみてください!



interviewee

中山聡子 様

株式会社インシーク 基盤情報事業部 施設マネジメントセクション
道路施設ユニット(東日本) チーム長

私たちの仕事は地図に残らず、未来に残す。

1. 携わっている業務の概要について

② 現在のご所属について教えてください。

当社には、大きく分けて、防災・水環境・都市創造・基盤情報・CM(コンストラクション・マネージメント)の事業部があり、私は基盤情報事業部に所属しています。基盤情報事業部は空間分野(測量業務)と施設分野(マネジメント)に分かれ、私は、施設分野の東日本の道路施設ユニットでチーム長を務めています。

道路施設ユニットでは、橋梁を中心に、トンネル、大型カルバート、照明灯、門型標識などの道路施設を対象に、点検・調査・診断を行っています。私たちの役割は、建設コンサルタント業務の最初の段階である“現状を正しく把握する”ことです。現場で構造物の状態を確認し、長寿命化計画や補修・補強の方針につながる基礎資料を提供しています。

② 現在はどのような業務を担当されていますか?

現在は、主に橋梁点検業務の全体管理に加え、個別案件での診断・点検も担当しています。また、自治体の道路施設を対象とした長寿命化計画業務では、プロジェクト管理と実務の両方に携わっています。

社内では部内講習やインターン向け講習の企画・講師、部下の一次人事評価など、人材育成と評価にも関わっています。

2. キャリア選択の背景や心に残ったエピソードなど

② これまでのご経歴について教えてください。

大学・大学院は理学部の地球システム(地質学)を専攻し、大学院では火山地質の研究をしていました。学生時代から災害に対する恐怖心が強く、1980~90年代に発生し

た伊豆大島噴火や雲仙普賢岳噴火、阪神淡路大震災には大きな衝撃を受けました。2000年の三宅島噴火の際は、土石流(泥流)調査に参加しており、現地で震度5強・6弱の地震を経験しました。島全体が常に揺れているような感覚で、今でも強く記憶に残っています。

また、中学・高校で非常勤講師を務めましたが、人を育てるよりも、自分自身が成長したいという気持ちが強くなり、教職の道は離れました。

② 建設コンサルタント業界に入られた経緯について教えてください。

学生時代に建設コンサルタントでアルバイトをし、そのハードさからこの業界への就職に否定的でした。就職水戸期で、女性を理由に選考外になることも多く、苦しい時期でしたが、先輩の紹介で地質会社に入り、非破壊検査業務に従事しました。橋梁、トンネル、河川構造物、電力施設など幅広いインフラ調査を経験し、前職では特許を2件取得し、土木学会の技術開発賞も受賞しました。こうした経験を重ねる中で、転職を経て現在の建設コンサルタント業務に至りました。振り返ると、自分が選んだというより、この業界に選んでもらったのだと思っています。

② 業務の中で印象に残っている事例や経験があれば教えてください。

心に残っているのは、大規模な災害と自分自身の仕事とのつながりを強く意識した経験です。

2011年の東日本大震災の当時、電力会社関連の業務に携わっており、そのとき目にした被災地の状況は一生忘れることはないと思います。知り合った方々や見てきた場所や設備が被災し、変わり果てた姿を目にして、“自分の仕事と向き合わなくてはいけない”と強く感じました。この経験を通してこの分野で仕事を続ける決意が固まり、克服・解決・自分は何をすべきなのかという視点で物事を考

えるようになりました。元の姿には戻らなくても、機能を回復し、より良い形にできるよう力になりたいと考えています。

3. 仕事のやりがいと課題について

② この仕事の難しさはどこにあると感じますか？

人材育成とやりがいが見えにくい点に難しさを感じます。以前は長時間労働が許容されていましたが、今は働き方が変わり、効率的に育成する必要があります。維持管理分野は大学で体系的に学ぶ機会が少なく、入社後に一から学んでもらう必要があります。また、成果が形として残りにくい点も課題です。設計や施工のように目に見える成果が出るわけではなく、私たちの仕事は“地図に残る仕事ではなく、地図に残してはいけない仕事”です。例えば、ひび割れを見つけても補修は別工程で行われ、最終的に架け替えられることもあります。そのため、若いうちはやりがいを感じにくい面があります。

4. 技術や取り組み、今後の展望

② 御社の強みや、他社と異なるアプローチがあれば教えてください。

当社が現在最も力を入れているのは三次元点群です。三次元の点群計測機器を多数保有しており、販売も行っています。空間マネジメントセクションでは、点群機器を活用した計測を幅広く行っており、通常の測量だけでなく、VLXと呼ばれる機器を用いて、三次元情報を可視化しながらストリートビューのように位置情報付きで取得する計測も実施しており、点群をあらゆる段階で活用する取り組みを進めています。

② 最近注目していること、または「これは変わり始めた」と感じる技術や取り組みはありますか。

最近注目しているのは、AI技術とDXの動きです。社内では、ドローンで取得した画像をAIで損傷判別する試みが進んでいます。DXについては、社内でも多様なツールの導入や業務フローの見直しが進んでおり、Web会議や、Power BI、Teamsなどツールの活用が当たり前になってきています。また、働き方や労働環境も改善が進み、生産性向上への意識が社員全体に広がっています。エンゲージメント向上や、自分で学べる仕組みが整ってきており、そうした点も“変わり始めている部分”だと思います。さらに、当社グループには異業種もあり、講習会などを通じて多様な考え方に触れることが業務改善や新しい発想につながっています。

② 道路施設分野で今後特に取り組むべき課題は何だと思いますか？

最も大きな課題は老朽化対策です。人口減少や財政制約、人員不足、技術継承といった複数の要素が絡む中で、限られたリソースをどう使うかが問われています。長寿命化計画では、50年先、100年先まで見据えますが、将来を完全に予測することはできません。それでも優先順位をつけ、更新の判断を行い、発注者が納得できる形に整理する必要があります。

一方で、引き継ぎやすい仕組みも整いつつあります。国土交通省の「道路施設点検データベース（損傷マップ）」では、全国の最新判定を確認でき、大規模災害で自治体のデータが失われる心配がありません。非常に大きな前進だと思います。

5. 建材試験センターとの接点、今後の展望や要望など

② 新しい材料・工法の評価や普及において、建材試験センターに期待することは？

大変難しいお願いだとは承知していますが、材料単体の耐久性や耐用年数だけでなく、実使用環境を踏まえた耐用年数の情報があれば非常に助かります。海岸部や寒冷地などの劣化傾向が分かれば、維持管理計画や補修・更新の判断に大きく役立ちます。将来的には、建材試験センターと共同で社会に貢献できるような技術や仕組みを開発できれば嬉しく思います。私自身も、現場と研究の橋渡しになるような取り組みに参加したいと考えています。

② 建材メーカーや研究者への“現場からの要望”があれば教えてください。

維持管理の現場からの要望としては、予算や人員に余裕のある管理者だけでなく、市町村など予算制約が厳しい道路構造物の管理者でも無理なく使える材料や工法を増やしていただきたいという点です。コスト、施工性、維持管理のしやすさを考慮した老朽化対策技術の開発が進むことを期待しています。

② インフラ材料に関わる技術者・研究者へ伝えたいことはありますか？

現場は日々の業務に追われ、研究成果に触れる機会が限られていますが、試験結果や研究内容を知ることで“この現場で使えるかもしれない”という気づきが生まれます。技術者と研究者が実務を通じて関わることは双方の学びにつながり、特に、若手が気軽に交流できる場が増えれば大きなメリットがあります。研究が商業寄りになるのは避け

るべきですが、“現場で使える技術”であることは重要です。若手同士が自然に交流し、現場と研究の距離が近づく仕組みがあれば良いと感じます。

6. 仕事観について

② キャリアを築くうえで大切にしていることは何ですか？

若い頃は、別分野の出身だったこともあり、知識を吸収しながら業務に向き合うことで精一杯でした。厳しい時代でもあり、仕事ができなければ続けられないというプレッシャーの中で、“役に立つ人材になろう”という思いが強かったです。

中堅になると自分の得意分野が見えてきて、どの領域で貢献できるかを意識するようになりました。前職では非破壊検査やコンクリート点検を多く担当し、専門性を深めることができました。

現在は、自分の業務だけではなく、組織全体がうまく機能することを重視しています。状況に応じて視点を変えながら、部下の育成や組織運営に関わり、チームとして力を発揮できる体制づくりを大切にしています。

③ 仕事における信念やモットーを教えてください。また、若手へのメッセージをお願いいたします。

私の信念は「生涯学習」と「リスクリング」です。技術や

制度は常に変化しており、“ここまででいい”と思った瞬間に古くなってしまいます。若い頃の知識だけでは通用しない場面も多く、学び直しは不可欠だと感じています。働き方や価値観もAIの進展などで大きく変わっており、経験だけで判断するのは危険です。常にアップデートし続ける姿勢を大切に、仕事は毎日が勉強だと思っています。

若手へは、“自分で考えて学び続けられる人でないと、この業界では厳しい”ということを伝えていきます。勉強し続ける意欲があれば必ず成長できるので、その姿勢を大切にしてほしいと思っています。建設コンサルタントは社会インフラを整備する仕事であり、社会貢献が重要です。その思いを大切に、現在は若い世代に、“私たちの会社はこういう思いで仕事をしている”と伝えるようにしています。

④ 最後に、読者へ伝えたいことがあればお願いいたします。

今の時代にあえて性別について触れるのは古い面もあるかもしれませんが、土木技術者の女性比率は依然として1割程度と低く、現場環境や設備面など、まだ改善の余地があります。当社でも技術系管理職は数名にとどまっています。その中で私は、数少ない女性管理職の一人として、自分の経験を活かしながら、若い世代が性別に関係なく安心してキャリアを築ける環境づくりに貢献したいと考えています。皆さんと一緒に、少しずつでも選択肢や働き方の幅を広げていけたらいいなと思っています。



〈インタビュー感想〉

災害の経験を原点に学び続けながら、現場から人材育成・組織づくりまで幅広く取り組まれている姿が印象的でした。また、現場と研究をつなぐ視点や、次世代が安心して働ける環境を整えようとする思いなど、インフラを支える仕事の奥深さを改めて感じることができました。
(原田・疋島)

ISO/TC146/SC6 (Air Quality / Indoor Air) 東京会議2025報告

国際会議報告

九州大学 総合理工学研究院 環境理工学部門 教授 伊藤一秀

1. はじめに

ISO/TC146/SC6は室内空気に関する国際標準化を担っており、その対象は一般的な室内空間から車室空間なども含む。1990年代から2000年前半のシックハウス問題が顕在化した際には、室内化学物質のサンプリング方法や濃度分析に関する標準化活動が非常に活発に行われたが、現在は、喫緊の深刻な課題が山積しているという状況ではなく、当時に制定した規格の定期見直しと情報のアップデートを丁寧に行いながら、比較的落ち着いた雰囲気の中で標準化関連作業が粛々と進められている印象がある。

2025年度は、一般社団法人産業環境管理協会の大野香代氏を中心として、国内関係各所の尽力によってTC146の全体会議を東京に招致したこともあり、SC6も東京での対面会議として同時開催された。国際会議の概要を表1に示す。我が国としては、会議開催に向けて多大な準備を重ね、国内の多数の関係者が事前準備に汗をかいた結果、ハイブリッド形式(対面とオンラインの併用)で開催されたTC146ならびにSC6の各WGは、大きな波乱も無く審議が進められた。2025年度のSC6はWG3、WG13、WG20が

対面を中心したハイブリッド開催、WG10がオンライン開催となり、さらに新規課題を議論する二つのAHGがハイブリッド開催された。以下、各WGでの議論の結果に加え、SC6事務局担当のElisabeth Hösen-Seul博士と伊藤の間で色々と議論のあった下交渉の様子などを簡潔に報告する。

本年度(2025年)の時点で、SC6内でアクティブになっているWG一覧を表2に示す。

2. 国際会議2025の概要と報告

以下、本年度の各WGの審議概要を順に報告する。

2.1 ISO/TC146/SC6/WG21 : Strategies for the measurement of airborne particles (エアロゾル粒子)

2025年9月15日 9:00~16:00

本会議は、AIST臨海副都心センターの会議室での対面開催に加え、Microsoft Teamsを用いたオンラインシステムを併用するハイブリッド方式で開催された(写真2)。ConvenerはベルギーのBenjamin Bergmans博士が担当している。参加者はベルギー1名、米国1名、英国1名、ドイツ5名、日本3名、韓国6名の合計17名であった。ハイ

表1 ISO/TC146/SC6国際会議(2025年)の概要

開催日	2025年9月15日(月)~19日(金)
会場	国立研究開発法人産業技術総合研究所(以下、AISTという) 臨海副都心センター
備考	AIST臨海副都心センターの外観を写真1に示す。

表2 SC6傘下のActive WGの一覧

SC/WG	名称	コンビナー/国
WG3	Determination of volatile organic compounds (VOCs) in indoor air 室内空気中のVOCs測定法	Man-Goo Kim / Republic of Korea
WG10	Microbial contaminants 室内微生物	Judith Meider / Germany
JWG13	Joint ISO/TC 146/SC 6 - ISO/TC 22 WG : Determination of volatile organic compounds in car interiors ISO/TC 146/SC 6 - ISO/TC 22 WG 合同分科会 : 自動車内装中の揮発性有機化合物の測定	Roland Kerschler / Germany
WG17	Sensory testing of indoor air 室内空気の知覚性試験	Birgit Müller / Germany
WG20	Determination of semi-volatile organic compounds (SVOCs) in indoor air 室内空気中のSVOCs測定法	Erik Uhde / Germany
WG21	Strategies for the measurement of airborne particles エアロゾル粒子	Benjamin Bergmans / Belgium
WG25	Testing air cleaners by the assessment of perceived air quality 知覚空気質による空気清浄装置の評価法	Kazuhide Ito / Japan



写真1 AIST臨海副都心センターの外観



写真2 ISO/TC146/SC6/WG21 Meetingの参加メンバー

ブリッド会議とはいえ、オンラインシステムは必要最小限で事務局のラップトップPCのマイクを用いた音声共有のみが行われ、一部情報が画面共有されたものの、対面会場での参加者の様子などは全く共有されず、非常に限定的な対応であった。これは会場であるAISTの会議室に設置されたオンラインシステムの制約によるもので、複数会場の内、最大規模の会議室1室のみカメラが設置されたシステムが導入されていたためである。今回のWG21では、Benjaminが準備した個数濃度分布（粒径分布）測定法に関するWD（Working Draft：作業草案）：Indoor airborne particle number size distribution measurementsの内容に関して議論が行われた。その結果、このWDでは粒径範囲を2nm～10 μ mと定め、ピーク濃度の測定を可能とする測定方法を前提とする方針を確認した。その一方で、この粒径範囲の測定を全てカバー可能な測定器は存在しないことから、複数の測定機器で異なる粒径範囲の測定を実施した結果を統合する適切な方法、即ち、測定データの互換性についても議論を継続することとなった。今後は、Benjamin博士とStefan Seeger博士が協力してWDの準備を進め、次回の会議で審議することとなったが、WDの執筆を分担してくれるボランティアの専門家も随意募集する方針である。さらに、粒子濃度測定に用いる測定機器として、Low Cost Sensorに関する話題もあったが、そもそもLow Costの定義が不明確であることから、適切な代替表記がなければ規格案から削除する方針となった。

2.2 ISO/TC146/SC6/WG3：Determination of volatile organic compounds (VOCs) in indoor air（室内空気中のVOCs測定法）

2025年9月16日 9:00～12:00

現在のConvenerは韓国のMan-Goo Kim先生が担当さ

れているが、すでに大学も定年退職されていることもあり、2026年1月からの3年間は新Convenerとして、英国のCaroline Widdowson博士が担当することとなった。

今回のWGでは、主にISO AWI 16000-10（Indoor air — Part 10：Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Emission test cell method）の改訂作業を行い、12.2節を削除すること、12.3節はSampling intervals and sampling durationとして意図する測定に対応してサンプリング時間やインターバルの調整が必要になることに言及すること、Annex Bは削除することとなった。

WG3ではここ数年の恒例行事であるが、韓国グループ（特にMan-Goo Kim先生）が強く主張しているオンドルとの表現に関して議論が行われ、より一般的な床暖房といった表現に修正する方針となった。議論を反映させた修正版のISO 16000-10案はCD投票に進めることとなっている。

2.3 ISO/TC146/SC6/WG20：Determination of semi-volatile organic compounds（室内空気中のSVOCs測定法）

2025年9月16日 13:30～15:00

ConvenerはドイツのErik Uhde博士が担当している。WG20では、ISO 16000-3（Indoor air — Part 3：Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor and test chamber air — Active sampling method）の改訂作業を進めており、現状では大きな修正を加えずにFDIS（Final Draft International Standard：国際規格最終草案）投票に進める方針が確認された。これにより、ISO 16000-3改訂作業は一段落となることから、特に日本のエキスパートである酒井信夫博士（国立医薬品食品衛生研究所）に向けて、新しい標準化プロジェクトのアイデアとして、LC-MSを用いたフタル酸エステル類の定量方法（もしくは測定方法）に関するプロジェクト提案の可能性について提案があり、我が国としては前向きに検討する方針となった。

2.4 ISO/TC146/SC6/AHG1

2025年9月17日 9:00～12:00

SC6事務局担当のElisabeth Hösen-Seul博士の司会により、ISO 16017-1（Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 1：Pumped sampling）の改訂作業に関する審議が行われた。本規格は室内空気だけではなく、

TC146の他のSCの守備範囲も含むことから、SC2/WG4、SC3とのJoint WGとして進められており、昨年度の会議にて、SC6 議長のKurt Thaxton博士がConvenerを担当することも決まっている。

今回のAHGでは、ISO 16017-1の内容を眺めながら、TC146傘下の各WGによって用語の使い方が異なるため、用語統一作業の必要の他、タイトルにAtmosphereを入れた方が良いのではといった議論が行われたが、まずはTC146の直下に合同WGを設置して具体的改訂作業を開始する方針となった。

同時に、ISO 16017-2 (Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 2 : Diffusive sampling) に関しても改訂作業の必要性が指摘された。測定方法や測定機器などが20年前と比較して大きく進展している現状を踏まえ、速やかに情報をアップデートする必要があること、特にISO 16017-2の方が改訂すべき内容が多く含まれているといった指摘もあった。

2.5 ISO/TC146/SC6/WG13 : Joint ISO/TC 146/SC 6 - ISO/TC 22 WG : Determination of volatile organic compounds in car interiors (ISO/TC 146/SC 6 - ISO/TC 22 WG 合同分科会 : 自動車内装中の揮発性有機化合物の測定)

2025年9月17日 13:30~14:30

ConvenerはドイツのRoland Kerscher博士で、今回は特段重要な議論が無いということで本人は来日せず、オンライン参加であった。今回のWGでは、ISO 12219-11 (Interior air of road vehicles — Part 11 : Thermal desorption analysis of organic emissions for the characterization on non-metallic materials for vehicles) に関して、改定版のFDIS投票中に寄せられたいくつかのコメントに技術的な指摘が含まれていたが、FDIS段階ではEditorialな修正のみが許可されていることから、大幅な修正は避ける方針が確認された。今後は、2026年1月ごろに最終版を作成してオンライン会議を開催して議論を行う方針を確認した。なお、ISO 12219-11は欧州や米国で広く使用されている規格のため、技術的な観点での修正が必要であれば、NWIP (New Work Item Proposal : 新規作業項目提案) として改訂作業を進める必要がある。

ISO 12219-3 (Interior air of road vehicles — Part 3 :

Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Micro-scale chamber method) ならびにISO 12219-5 (Interior air of road vehicles — Part 5 : Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Static chamber method) に関しても、システムティックレビューの期間が終了し、コメントが寄せられていることから改定作業を開始する方針を確認した。

WGとしては特に白熱した議論などは無く、非常に短時間で会議が終了した。

2.6 ISO/TC146/SC6/WG10 : Microbial contaminants (室内微生物)

2025年9月17日 13:30~14:30

ドイツのJudith Meider博士がConvenerの任期満了を迎えるが、2026年1月から更に3年間延長する方針が同意されている。

今回のWGでは対面会議は開催されずにオンラインのみであったが、非常に重要な審議が行われた。特に、WG 10はIEC TC59/TC59Nとの合同諮問グループの勧告に従うことを決定し、SC 6に対してISO 16000-36 (Indoor air — Part 36 : Standard method for assessing the reduction rate of culturable airborne bacteria by air purifiers using a test chamber) およびISO 16000-43 (Indoor air — Part 43 : Standard method for assessing the reduction rate of culturable airborne fungi by air purifiers using a test chamber) の二つの空気清浄装置を用いたバクテリア、真菌の濃度低減性能評価に関する規格をSC6/WG 25の担当として移管した上で、IECとの協議に臨む方針を決定した。SC6/WG25では、ISO 16000-44 (Indoor air — Part 44 : Test method for measuring perceived indoor air quality for use in testing the performance of gas phase air cleaners) の規格化を担当しており、SC6では空気清浄装置関連の規格を一つのWGに集約して対応する方針となった。

WG 10は室内微生物関連の専門家集団であることから、ISO 16000-36ならびにISO 16000-43の規格の改定作業等が進められる場合には、自国の標準化機関を通じてWG 25のエキスパートとして登録した上で、技術的な貢献を継続する方針も同意されている。

また、ISO 16000-19 (Indoor air — Part 19 : Sampling strategy for moulds) の改訂作業の開始も同意された。

2.7 ISO/TC146/SC6/AHG2

2025年9月18日 9:00~10:00

SC6事務局担当のElisabeth Hösen-Seul博士の司会でISO 16000-8 (Indoor air — Part 8: Determination of local mean ages of air in buildings for characterizing ventilation conditions) 改訂の必要性に関して議論を行った。本規格は、Local mean age of air (局所空気齢、これは換気量ではなく換気効率)に関する測定法であり、一般的な換気量測定法を規定するものではない。会議では、まずドイツのNehr Sascha博士からISO 16000-8とISO 12569 (Thermal performance of buildings and materials — Determination of specific airflow rate in buildings — Tracer gas dilution method)との整合性に関して両規格の内容を比較しながら説明が行われ、ISO 12569で測定対象とするSpecific airflow rate (単位はL/s/m²)やACH (air change rate、単位はh⁻¹)といった換気量測定法をISO 16000-8の改定に反映させる、もしくはハーモナイズさせる方針が議論された。議論の結果、ISO 16000-8の改訂作業を開始する方針は同意され、Nehr Sascha博士がConvenerを担当することとなった。

2.8 ISO/TC146/SC6 Plenary meeting

2025年9月18日 13:30~15:00

SC6議長のKurt Thaxton博士は残念ながら米国よりオンラインで参加しながら、司会を担当、各WGからの報告を受けながらRecommendationの内容を承認した。以下、重要な決定事項を列挙する。

- ・空気清浄装置関連の規格を扱うWG10並びにWG25は、今後、IECとのJoint WGとして活動を行う必要があることから、担当者を明確にした方が良いとの(主にKurtとElisabethの)判断によって、WG10で扱っている空気清浄装置関連のISOをWG25の担当として移管し、WG25のConvenerである伊藤が担当する体制とすることが決定した。
- ・Ventilation rate measurementを担当するWG6を再起動させる方針も同意され、Nehr Sascha博士がConvenerを務めることが承認された。
- ・WG17は臭いに関する標準化を担当しているが、ISO 16000-30 (Indoor air — Part 30: Sensory testing of indoor air)の改訂作業が必要であるとの認識がドイツのDINグループから示され、WG活動を再開する方針が同意された。

- ・ISO 16000-29 (Indoor air — Part 29: Test methods for VOC detectors)はドイツのFrank Kuebart博士がConvenerとして改訂作業を行う方針が同意され、ドイツのDIN規格の内容を新たに組み込む方針も承認された。この規格はWG16を再起動して対応することとなったが、Committee managerはElisabethではなく、新たにドイツのAlexander Bachmann博士が担当する。SC2とも協力する体制を構築する方針となった。

- ・ISO 16000-32 (Indoor air — Part 32: Investigation of buildings for the occurrence of pollutants)の改訂作業が必要となることから、担当のWG19を再起動する方針が確認されたが、Committee managerを誰が担当するかは未定であり、ボランティアを募集することとなった。Committee managerは常にドイツ事務局のElisabethやAlexanderが担当するという訳でも無く、例えば、ISO 16000-23や-24の吸着建材の標準化作業はJISCがCommittee managerを担当した(即ち、現場のExpertである伊藤が担当した)。

- ・今回のWGからISOのOSD (Online Standards Development)が積極的に導入されており、WGでの議論の際にもオンラインプラットフォーム上で規格の改定作業が進められた。このOSDはISOとIECが共同開発するシステムとのことであるが、現状では非常にバグが多く、作業が効率化されたとは云えない状況にある(あるConvenerは現状のOSDでは例えばMS WORD上での作業と比べ、10倍以上の時間の浪費になると嘆いていた)。SC6としてもISO CSにOSDのバグ修正を要求する。

- ・来年度2026年のSC6会議は、対面/オンラインも未定であるが、2026年9月ごろにSC6会議を開催できるようにドイツ事務局を中心に調整作業を進める方針となっている。対面を希望する国が多いことから、まずはホスト可能な国を探すことになっている。

2.9 ISO/TC146 Plenary meeting

2025年9月19日 9:00~11:00

Plenary Meeting (写真3)ではTC146傘下のSC1からSC6の全てのSCでの議論の結果が報告されたが、SC6に関連する事項を以下に整理して示す。

- ・SC3で大気中のMicroplasticに関する標準化が開始されることになった。SC3/WG10が担当することとなり、韓国のKim先生がConvenerを担当するというので、ご自身の研究成果を中心にPlenary Meetingでプレゼンター



写真3 ISO/TC146 Plenary Meetingの様子

ションがあった。産業環境管理協会の大野氏より、水環境を扱うTC147では既に水中マイクロプラスチックの標準化を行っていることから、TCレベルでの協力関係の構築が必要との指摘があった。

- ・韓国グループは今回も大量のExpertが参加していたが、特にシニアのExpertに加えて若手（女性）の参加者が多いことに特徴がある。国際規格化に関する国家レベルでの積極的な姿勢を感じるが、その一方で、我が国（日本）は、産業環境管理協会の大野氏の他、酒井博士と伊藤のみの参加であり、その他、経済産業省標準課から1名のオブザーバー参加があったのみと非常に寂しい状況であった。
- ・TC146はオンラインと対面を交互に繰り返して実施する方針が同意されている。2026年はオンライン、2027年は対面の予定である。
- ・2025年10月からISO OSDを使用した原稿作成が必須化となる予定である。WORDの読み込みが可能とされるが、現状ではシステム上の問題が多く、使用の必須化は時期尚早との指摘もあった。TC146としてもバグ改善の要求をだす方針である。

2.10 その他（IECとISOの綱引き）

前述のとおり、SC6では空気清浄装置の性能評価に関するISO規格を3つ作成している。この規格に関して、IECから色々とクレームに近い申し入れを受けており、色々と経緯があって伊藤はIECのExpertも兼任している。SC6事務局担当のElisabethとWG10での話し合いを受け、空気清浄装置関連の規格はWG25で一括して担当することになり、すなわち、IECからのクレームは伊藤がConvenerとして受け止める体制となった。IECは特に空気清浄装置関連の規格化に関して2週間に一度はオンライン会議を開

催して、非常に積極的にCADR（Clean Air Delivery Rate）を中心とした規格化を推進している。ISO側で空気清浄装置関連の規格化が進められることは断固認められないとの態度である。

IEC側からは、ISOの規格をIECに移管する、もしくは共同規格とする方針が提案されており、今後は難しい対応が求められることになる。

3. おわりに

2025年度は東京開催ということで、建材試験センターのサポートのもとでSC6のエキスパートを招待した夕食会（Business Dinner）を開催することが出来た。ISOとIECの関係調整など、微妙な話題に関しても食事を共にしながら和気藹々と相談することが可能であり、こういった対面の機会を設定することは国策としても意義があると実感する。最終日には、諸外国のエキスパートから開催国のホスピタリティ（特にSC6夕食会）に対する感謝の言葉を多く頂戴した。

その一方で、前日には韓国代表团による「Korean Day」と銘打った夕食会が開催されるなど、韓国の存在感が非常に大きくなっている。国際標準化業務と夕食会の開催に特段の直接的な関係性は無いのであるが、前述の通りこういった懇親の場の方針が決まることもある。ここ数年は、どの国でSC6会議が開催されても韓国グループ主催の夕食会が開催されており、それに伴い韓国の発言力も大きくなっているように感じる（個人の感想です）。

TC146はオンライン会議と対面会議を隔年で開催する方針を決定しており、本年度が東京で対面開催であったことから、次年度2026年はオンライン開催の予定である。SC6も恐らくオンラインとなる可能性が高いが、ギリギリまで対面開催の可能性を探るべく、受け入れ可能なボランティア国の立候補を待つ方針となっている。

謝辞

本稿の内容に関しては、酒井信夫博士（国立医薬品食品衛生研究所）ならびに田辺新一先生（早稲田大学）に校閲いただいた。記して深甚なる謝意を表する。

<プロフィール>

九州大学 総合理工学研究院 環境理工学部門 教授

専門分野：建築環境工学、数値流体工学

最近の研究テーマ：数値人体モデル開発とin silicoモデリング、室内環境解析、環境リスク解析

別表 TC146/SC6で規格化されたISOタイトル一覧

規格番号	担当	名称
ISO 12219-1	WG13	Interior air of road vehicles – Part 1: Whole vehicle test chamber – Specification and method for the determination of volatile organic compounds in cabin interiors
ISO 12219-2	WG13	Interior air of road vehicles — Part 2: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Bag method
ISO 12219-3	WG13	Interior air of road vehicles — Part 3: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Micro-scale chamber method
ISO 12219-4	WG13	Interior air of road vehicles — Part 4: Method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Small chamber method
ISO 12219-5	WG13	Interior air of road vehicles — Part 5: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Static chamber method
ISO 12219-6	WG13	Interior air of road vehicles — Part 6: Method for the determination of the emissions of semi-volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials at higher temperature — Small chamber method
ISO 12219-7	WG13	Interior air of road vehicles — Part 7: Odour determination in interior air of road vehicles and test chamber air of trim components by olfactory measurements
ISO 12219-8	SC6	Interior air of road vehicles — Part 8: Handling and packaging of materials and components for emission testing
ISO 12219-9	SC6	Interior air of road vehicles — Part 9: Determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts — Large bag method
ISO 12219-10	WG13	Interior air of road vehicles — Part 10: Whole vehicle test chamber — Specification and methods for the determination of volatile organic compounds in cabin interiors — Trucks and buses
ISO 12219-11	WG13	Interior air of road vehicles – Part 11: Thermal desorption analysis of organic emissions for the characterization of non-metallic material for vehicles
ISO 12219-12	WG13	Interior air of road vehicles – Part 12: Synthetic PVC or polyurethane leather–Specification and methods for the determination of fogging characteristics of trim materials in the interior of automobiles
ISO 16000-1	SC6	Indoor air — Part 1: General aspects of sampling strategy
ISO 16000-2	SC6	Indoor air — Part 2: Sampling strategy for formaldehyde
ISO 16000-3	SC6	Indoor air — Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air — Active sampling method
ISO 16000-4	SC6	Indoor air — Part 4: Determination of formaldehyde — Diffusive sampling method
ISO 16000-5	SC6	Indoor air — Part 5: Sampling strategy for volatile organic compounds (VOCs)
ISO 16000-6	WG3	Indoor air — Part 6: Determination of organic compounds (VVOC, VOC, SVOC) in indoor and test chamber air by active sampling on sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS FID
ISO 16000-8	SC6	Indoor air — Part 8: Determination of local mean ages of air in buildings for characterizing ventilation conditions
ISO 16000-9	WG3	Indoor air — Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from samples of building products and furnishing — Emission test chamber method
ISO 16000-10	SC6	Indoor air — Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Emission test cell method
ISO 16000-11	WG3	Indoor air — Part 11: Determination of the emission of volatile organic compounds from samples of building products and furnishing — Sampling, storage of samples and preparation of test specimens

別表 TC146/SC6で規格化されたISOタイトル一覧

規格番号	担当	名称
ISO 16000-12	SC6	Indoor air — Part 12: Sampling strategy for polychlorinated biphenyls (PCBs), polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)
ISO 16000-13	SC6	Indoor air — Part 13: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) — Collection on sorbent-backed filters
ISO 16000-14	SC6	Indoor air — Part 14: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) — Extraction, clean-up and analysis by high-resolution gas chromatography and mass spectrometry
ISO 16000-15	SC6	Indoor air — Part 15: Sampling strategy for nitrogen dioxide (NO ₂)
ISO 16000-16	WG10	Indoor air — Part 16: Detection and enumeration of moulds — Sampling by filtration
ISO 16000-17	WG10	Indoor air — Part 17: Detection and enumeration of moulds — Culture-based method
ISO 16000-18	WG10	Indoor air — Part 18: Detection and enumeration of moulds — Sampling by impaction
ISO 16000-19	WG10	Indoor air — Part 19: Sampling strategy for moulds
ISO 16000-20	WG10	Indoor air — Part 20: Detection and enumeration of moulds — Determination of total spore count
ISO 16000-21	WG10	Indoor air — Part 21: Detection and enumeration of moulds — Sampling from materials
ISO 16000-22	WG10	Indoor air — Part 22: Detection and quantification of fungal biomass by fungal β -N-acetylhexosaminidase enzyme activity
ISO 16000-23	SC6	Indoor air — Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde and other carbonyl compounds concentrations by sorptive building materials
ISO 16000-24	SC6	Indoor air — Part 24: Performance test for evaluating the reduction of volatile organic compound concentrations by sorptive building materials
ISO 16000-25	SC6	Indoor air — Part 25: Determination of the emission of semi-volatile organic compounds by building products — Micro-chamber method
ISO 16000-26	SC6	Indoor air — Part 26: Sampling strategy for carbon dioxide (CO ₂)
ISO 16000-28	WG17	Indoor air — Part 28: Determination of odour emissions from building products using test chambers
ISO 16000-29	WG16	Indoor air — Part 29: Test methods for VOC detectors
ISO 16000-30	WG17	Indoor air — Part 30: Sensory testing of indoor air
ISO 16000-31	SC6	Indoor air — Part 31: Measurement of flame retardants and plasticizers based on organophosphorus compounds — Phosphoric acid ester
ISO 16000-32	WG19	Indoor air — Part 32: Investigation of buildings for the occurrence of pollutants
ISO 16000-33	WG20	Indoor air — Part 33: Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)
ISO 16000-34	WG21	Indoor air — Part 34: Strategies for the measurement of airborne particles
ISO 16000-36	JWG25	Indoor air — Part 36: Standard method for assessing the reduction rate of culturable airborne bacteria by air purifiers using a test chamber
ISO 16000-37	SC6	Indoor air — Part 37: Measurement of PM _{2.5} mass concentration
ISO 16000-38	SC6	Indoor air — Part 38: Determination of amines in indoor and test chamber air — Active sampling on samplers containing phosphoric acid impregnated filters
ISO 16000-39	SC6	Indoor air — Part 39: Determination of amines — Analysis of amines by (ultra-) high-performance liquid chromatography coupled to high resolution or tandem mass spectrometry

別表 TC146/SC6で規格化されたISOタイトル一覧

規格番号	担当	名称
ISO 16000-40	SC6	Indoor air — Part 40: Indoor air quality management system
ISO 16000-40 /Amd1	SC6	Indoor air — Part 40: Indoor air quality management system — Amendment 1: Climate action changes
ISO 16000-41	SC6	Indoor air — Part 41: Assessment and classification
ISO 16000-42	WG21	Indoor air — Part 42: Measurement of the particle number concentration by condensation particle counters
ISO 16000-43	JWG25	Indoor air — Part 43: Standard method for assessing the reduction rate of culturable airborne fungi by air purifiers using a test chamber
ISO 16000-44	JWG25	Indoor air — Part 44: Test method for measuring perceived indoor air quality for use in testing the performance of gas phase air cleaners
ISO 16017-1	SC6	Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 1: Pumped sampling
ISO 16017-2	SC6	Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 2: Diffusive sampling

ISO/TC163/SC1 (Thermal performance and energy use in the built environment/ Test and measurement methods)

会議報告2025

国際会議報告



中里 侑司
経営企画部 企画調査課
参事 兼
経営戦略課 参事

1. はじめに

2025年9月15日(月)から19日(金)にかけて、ISO/TC163の総会、各SCの総会及びWG会議がアメリカ・アトランタでの対面会議及びWeb会議にて開催された。

本稿では、当センターが国内審議団体としての役割を担っているSC1の会議について、概要を報告する。

2. TC163及びTC163/SC1について

国際標準化機構 (ISO) は、1947年に18か国により発足し、国家間の製品やサービスの交換を助け、標準化活動の発展を促進し、知的・科学的・技術的・経済的活動における国家間協力を発展させることを目的としている。発足当初18か国だった会員数は2024年12月現在、172か国に及ぶ。ISOは1か国1機関のみが会員となることができ、各国における最も代表的な標準化機関が加入している。日本においては閣議了解に基づき1952年から日本産業標準調査会 (JISC) が加入している。

ISOには、現在、262のTC (Technical Committee ; 専門委員会) 及び10のPC (Project Committee ; プロジェクト委員会)、IEC (International Electrotechnical Commission ; 国際電気標準会議) とのJTC (Joint Technical Committee ; ISO/IEC 合同専門委員会) が存在する^{注1)}。これらの委員会のうち、TC163 (Thermal performance and energy use in the built environment ; 建築環境における熱的性能とエネルギー使用) は1975年に設立され、“建築物及び土木建築物の分野における熱・湿気及びエネルギー使用等に関連する試験及び計算方法並びに製品の性能評価”に関する国際規格を審議しているTCである。TC163には、別図に示すようにWG4 (TC205とのJWG (Joint Working Group ; 合同作業グループ)) 及び3つのSC (Sub Committee ; 分科委員会) が設置されており、これらの管理は、スウェーデンの標準化団体SIS (Swedish Institute for Standards) が担当している。

なお、TC163は国連が掲げるSDGsのうち、図1に示す



図1 TC163で取り扱う持続可能な開発目標

5つの持続可能な開発目標に貢献している。

注1) 2025年12月時点

当センターは、2003年度(平成15年度)から、3つのSCうちの1つであるSC1 (Test and measurement methods ; 試験及び測定方法) の国内審議団体を担っており、新規業務項目(テーマ)の提案(New Work Item Proposal ; NP)、国際規格原案(Draft International Standard ; DIS)の作成及び審議、定期見直し(Systematic Review ; SR)の審議、現在扱われているISO規格や他国からの新規業務項目等に対する国内意見の取り纏め及び日本代表としての回答(投票の管理)を行っている。SC1では、2025年12月現在、80のISO規格を発行し、3規格が開発中、5規格が開発予定である(開発中及び開発予定のISO規格を別表に示す)。

SC1の参加メンバーは、Pメンバー26か国、Oメンバー16か国である^{注2)}。SC1には、本報告の会議開催時点で8つのWG (Working Group ; 作業グループ) 及び1つのAHG (Ad Hoc Group ; 特設グループ) が設置されており、このうち、AHG10、WG8及びWG21で日本がコンベンナー(Convenor ; 主査)を担当している。参加国では図2に示すように欧米各国が中心となっているが、活動においては日本が大きなウエイトを占めていると言える。なお、SC1の管理は、ドイツの標準化団体DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) が担当している。

注2) Pメンバーは、すべての案件に対する投票義務及び会議に貢献する義務を負うメンバー。Oメンバーは、オブザーバーとしてコメントの提出・会議への出席の権利をもつメンバー。

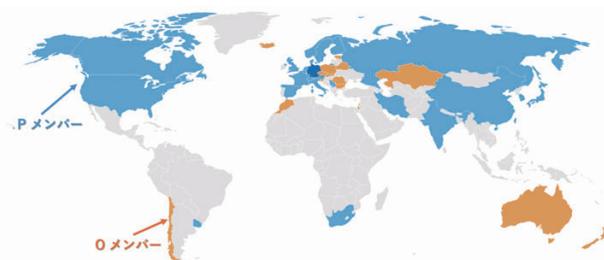


図2 TC163/SC1参加国

3. 会議の概要及び報告

3.1 全体概要

会議は、アメリカ、アトランタにあるアメリカ暖房冷凍空調学会ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) の会議室で対面

及びWeb会議システムを使用したハイブリッド形式で開催された。

ISO/TC163/SC1 関係会議のスケジュール及び日本からの出席者を表1及び表2に示す。

以下に各会議の概要を3.2～3.5に示す。

3.2 ISO/TC163/JWG4(Joint ISO/TC163 and ISO/TC205)

(1) 会議概要

－開催日時：9月15日(月) 22：00 - 23：30 (日本時間)

(2) 議事内容等

主な議題として、建物のエネルギー性能 (EPB：Energy Performance of Buildings) に関する ISO 52000 ファミリー規格の整理状況が取り上げられた。会議では、今後の効率的な検討体制として、各国が国内にミラーグループ (国際会議の内容を国内で検討し、意見をまとめる組織) を設置し、継続的に情報共有や意見交換を行うことが提案された。

また、EPB 関連規格の進捗報告では、ISO だけでなく、欧州規格である CEN (European Committee for Standardization) など、多数の規格が関係しているため、対象範囲が非常に広いことが説明された。こうした複雑さに対応するため、関連する規格群をテーマ別にグループ化するとともに、規格同士を相互にリンクさせる取り組みが紹介され

た。これにより、利用者が個別の文書の一つずつ探さなくても、必要な情報へ効率的にアクセスできるよう工夫されていることが示された。



写真1 ISO/TC163/SC1 Plenary Meetingの様子

さらに、TC163とTC205 (建築設備) の活動を活性化するための提案も行われた。具体的には、委員会のリーダー同士が定期的に直接コミュニケーションを取ることを、継続的に活動に参加できるメンバーを選定すること、そして若手研究者や技術者の参加を促進することなどが挙げられた。

表1 ISO/TC163/SC1関係会議スケジュール

日程	会議名称	開催方式	参加会議	
			内海	中里
9月15日(月)	ISO/TC163/JWG4 Meeting (Joint ISO/TC163 and ISO/TC205)	対面	○	△
9月17日(水)	ISO/TC163/SC1 Plenary Meeting (SC1 総会)	ハイブリッド	○	○
9月17日(水)	ISO/TC163/SC1/AHG10 Meeting	ハイブリッド	○	○
9月18日(木)	ISO/TC163 Plenary Meeting (TC163 総会)	ハイブリッド	○	△

表2 ISO/TC163/SC1関係会議への日本からの出席者 注3) (敬称略)

氏名	所属及び役職
内海康雄	独立行政法人 国立高等専門学校機構 特命教授 [TC163総会、SC1 総会、AHG10 Meeting、ISO/TC163/WG4 Meeting、SC1 日本代表、SC1 国内審議委員会委員長]
中里侑司	一般財団法人 建材試験センター 経営企画部 企画調査課 兼 経営戦略課 [SC1 総会、AHG10 Meeting、SC1 国内審議委員会事務局]

注3) 角括弧内は担当会議、役割等。

3.3 ISO/TC163/SC1/AHG10 (Air tightness of buildings : 建物の気密性)

(1) 会議概要

- 開催日時：9月18日(木) 2:30 - 6:00 (日本時間)
- 参加者：Utsumi, Yasuo (日本：AHG10 コンビナー)
Leprince, Valérie (フランス)
Solcher, Oliver (ドイツ)
Zeller, Joachim (ドイツ)
Delmotte, Christophe (ベルギー)
Wehrli, Michael (スイス)
Stanley, Yee (アメリカ)
Laverne, Dalglish (カナダ)
Nakazato, Yuji (日本)

(2) 議事内容等

議題の中心となったのは、ISO 9972 (建築物の耐熱性能 - 建築物の気密性の測定 - ファン加圧法) の改正案に関する報告である。これまでに設置された14のサブタスクグループが検討してきた内容について、各グループから発表が行われ、委員全体で議論が交わされた。議論の結果、サブタスクグループで整理された内容を踏まえ、今後は改正案のドラフト作成に進むことで合意した。

3.4 ISO/TC163/SC1 Plenary Meeting

3.4.1 会議概要

- 開催日時：9月17日(水) 22:00 - 24:30 (日本時間)
- 議長：Prof. Marc Rippel (ドイツ)
- 委員会マネージャー：Mr. Benjamin Wienen (ドイツ)
- 参加国：フランス、アメリカ、イギリス、日本、韓国、ベルギー、中国、カナダ、フィンランド、スウェーデン、イタリア、ノルウェー (12か国)

3.4.2 会議開催～前回議事録確認

(1) SC1の活動状況について

委員会マネージャーより、参加国はPメンバーが26か国、Oメンバーが16か国である旨の説明がなされた。

(2) 出席者の確認及び議題の確認

出席者及び議題の確認を行い、議題については事前配信された内容のとおりで承認された。

(3) 前回会議議事録の確認

前回会議(2024年9月フランス・パリで開催)の議事録案について確認を行い、承認された。



写真2 ISO/TC163/SC1/AHG10 Meetingの様子



写真3 ISO/TC163/SC1 Meetingの様子

3.4.3 WI (Working Item) の確認及び各WGの活動・進捗状況について

委員会マネージャーより、SC1のWIについて確認された。現時点でアクティブなWI (SR投票対応を除く) は別表のとおり。

前回会議以降のWGの活動について、各WGから報告された。概要は次のとおり。

(1) AHG10 (建物の気密性)

開発中のISO 9972 (建築物の耐熱性能 - 建築物の気密性の測定 - ファン加圧法) について、14のサブタスクについて検討を行い、整理された内容を踏まえ、改正案のドラフトを作成することで合意した。

(2) WG2 (保護熱板法)

開発中のISO 9900 (100℃から800℃の高温におけるGHP法による熱伝導率の測定) について、プロジェクトを進めるために、本会議に不参加であったコンビナーのMukhopadhyaya氏に連絡をとることが確認された。

(3) WG8 (含水率及び透湿特性)

開発中の ISO 20591 (建築材料及び製品の湿熱性能 — 含水率勾配に対する水分拡散率の測定) については、大阪公立大学大学院准教授の岸本委員がプロジェクトリーダーを務めている。この規格は、2023年1月にPWI (準備作業項目) として登録されており、ISO の運用ルールでは、PWI として登録されたプロジェクトは3年以内に次の段階 (作業原案の作成など) へ進まなければ、登録が自動的に取り消される仕組みになっている。そのため、現在このプロジェクトがどのような状況か確認することが求められた。

(4) WG15 (建物と産業施設のサーモグラフィ)

開発中の ISO 6781-2 (建物の性能 — 赤外線法による建物内の熱・空気・湿気の異常検知 — 第1部: 一般手順) について、現在も引き続き作業が進められていることが報告された。

(5) WG17 (窓及びドアの日射熱取得率)

開発中の ISO 17528 (窓とドアの熱性能 — 自然太陽光を利用した日射熱取得率の測定) について、年末までにドラフト案を作成し、DIS投票に提出する予定であることが報告された。

(6) WG19 (周期加熱法による熱拡散率測定)

コンビナーの募集が対して2名が立候補 (日本、カナダ) し投票が行われた。投票結果は同数であったため、阿子島委員 (日本) をコンビナー、Mukhopadhyaya氏 (カナダ) をプロジェクトリーダーに任命することが提案された。両候補者に対し、承諾の意思及び引き続き就任可能か確認を行うことが求められた。

(7) WG20 (極低温度域における試験方法)

ISO 16685 (産業設備用断熱製品 — 低温下での機械的特性試験) が2025年8月に発行された。また、NWIP (新規作業項目提案) を提出する予定であり、提案の概要についてプレゼンテーションが行われた。この提案はWG 20の範疇外であり、新たなWG を立ち上げる可能性があることが報告された。また、参加メンバーから、提案された規格はASTM C 1371に類似しており、考慮すべきであると指摘がなされた。

(8) WG21 (段階的溫度範囲における比熱の試験方法)

新規に提案する規格がないため、WG解散の投票が開始されることが委員会マネージャーより報告された。

(9) WG22 (床下の空気分配システムのエネルギー性能)

開発中の ISO 7615-2 (第2部: 室内空気層の現場測定) について、PWI (Preliminary Work Item; 予備作業項目) 投

票が2024年9月16日に完了し、現在開発中であることが報告された。

3.4.4 コンビナーの再任等

WG20のコンビナーである Jun Cui氏を再任することで合意された。

3.4.5 リエゾンに関する報告

ISO/TC 33、ISO/TC 61/SC 5及びOIMLとのリエゾンを解消することで合意した。

3.4.6 ISO 11561の改正提案について

Prof. Kim (KATS) より、ISO 11561 (断熱材の経時変化 — 独立気泡プラスチックの耐熱性の長期変化の測定 (試験所における促進試験方法)) の改訂について、WG 7を再召集し検討することが提案された。出席者に対して本プロジェクトへの参加及び規格開発のための専門家登録を呼びかけた。

3.4.7 その他

議長より、次回 (2026年度) の総会は、2026年9月にドイツ・ベルリンで開催されることが報告された。

3.5 ISO/TC163 Plenary Meeting**(1) 会議概要**

- 開催日時: 9月19日 (金) 2:30 - 6:00 (日本時間)
- 議長: Dr. Eva-Lotta Kurkinen
- 委員会マネージャー: Mr. Bengt Rydstedt
- 参加国: カナダ、中国、フィンランド、フランス、ドイツ、インド、日本、韓国、モロッコ、オランダ、ノルウェー、スウェーデン、アメリカ、イギリス、イタリア (15か国)

(2) 主な議事内容

モロッコ規格協会 (IMANOR) から、ISO/TC 163に対して新たなSC (分科会) として「バイオ由来非構造建築材



写真4 ISO/TC163 Plenary Meetingの参加メンバー

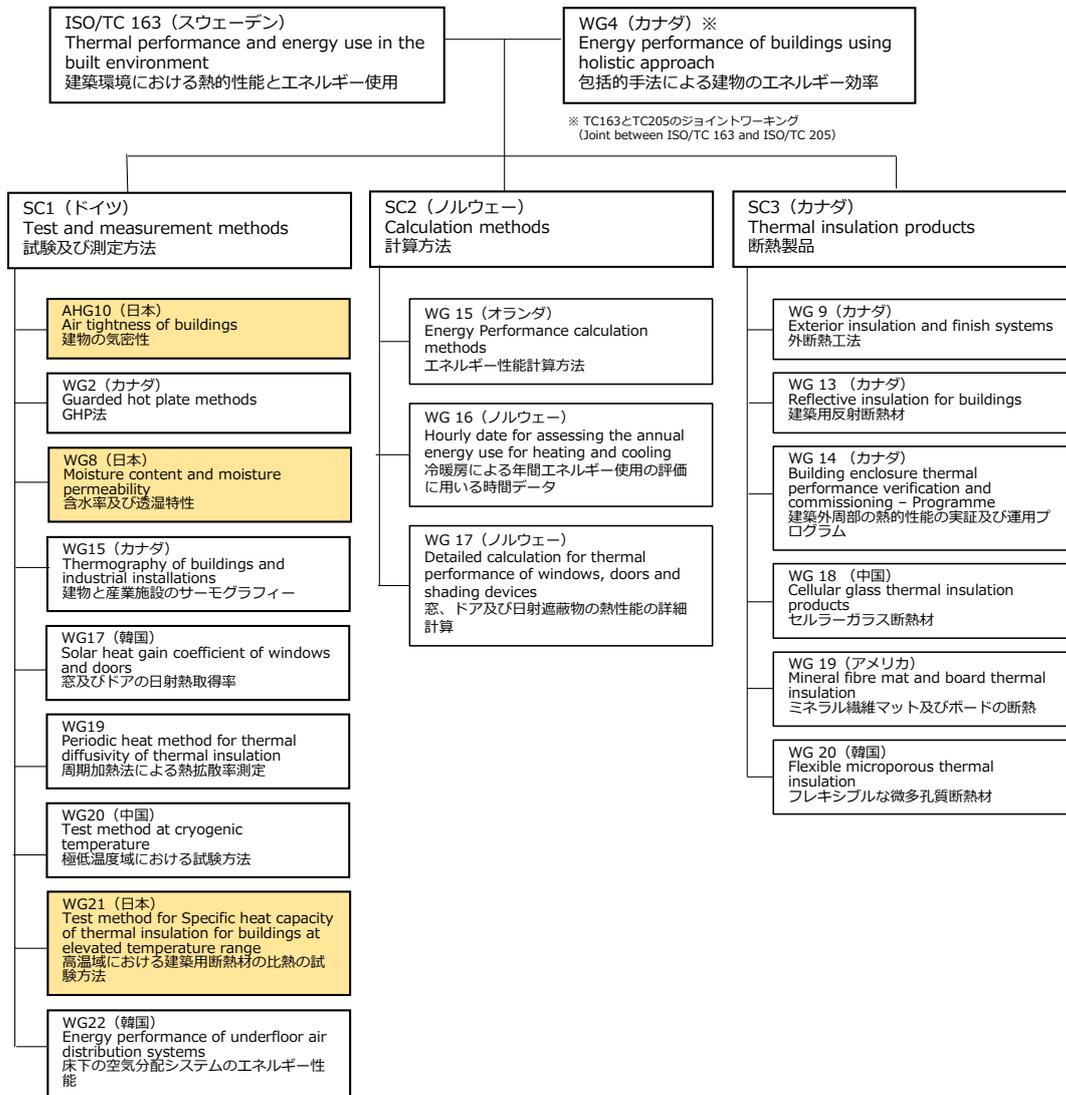
料」を扱う SC 5 の設置提案が提出された。これは、木材や植物繊維など、再生可能資源を原料とした非構造用途の建築材料について、国際的な標準化を目的としたものである。この提案に対して、ISO/TC 163 のメンバーからはさまざまな意見や要望が寄せられた。これらの意見を反映しながら、国際規格の策定が進められる予定である。この提案はすでに ISO/TC 163 で承認されており、現在は ISO/TMB (技術管理理事会) での最終確認が進められている。

SC1 に関しては、SC1 委員会マネージャーより、前日に

開催された SC1 総会の概要及び 5 件の決議内容について報告された。

4. おわりに

今回の国際会議は、多くのセッションがハイブリッド形式で開催された。ハイブリッド形式での会議は、現地への渡航が難しい参加者でもオンラインで参加できるため、移動にかかる費用や時間的負担を大幅に軽減できるという利点がある。しかし一方で、開催地がアメリカの場合、日本



注) オレンジの塗りつぶしは日本がコンビナーを務めているWG。

別図 ISO/TC163の構成

からの参加者は深夜から早朝にかけて会議に出席する必要があり、体力的・業務的な負担が非常に大きくなる。そのため、日本側にとっては参加のハードルが高い状況となっていた。

日本はISO活動に積極的に参加しているものの、現在の取り組みの中心は、既存規格に対する「定期見直し」であり、新しい規格の策定については十分に進んでいない。今後、新規規格の立ち上げを促進するためには、関係する学協会や専門団体から、現場のニーズやシーズを幅広く収集

することが有効であり、日本発の提案につながる可能性が高まる。当センターとしては、このような取り組みを通じて、日本にとって有益となる国際規格の開発を引き続き支援していく方針である。

<プロフィール>
 経営企画部 企画調査課 参事 兼 経営戦略課 参事
 従事する主な業務：経営企画業務、国内、国際標準化業務など

別表 ISO/TC163/SC1で現在開発中のISO規格の一覧 注4) 注5)

担当	規格番号	名称
SC1	ISO/AWI 12344	Thermal insulating products for building applications -Determination of bending behaviour.
WG2	ISO/AWI 9900	Thermal insulation — Determination of thermal conductivity by Guarded Hot Plate Method at elevated temperature from 100 °C to 800 °C .
WG8 ※	ISO/PWI 20591	Hygrothermal performance of building materials and products — Determination of moisture diffusivity for moisture content gradient.
AHG10 ※	ISO/PWI 9972	Thermal performance of buildings — Determination of air permeability of buildings — Fan pressurization method.
WG15	ISO/PWI 6781-2	Performance of buildings — Detection of heat, air and moisture irregularities in buildings by infrared methods — Part 2 : Equipment Classification, Description and Requirements.
WG17	ISO/AWI 17528	Thermal Performance of windows and doors — Determination of solar heat gain coefficient using natural sunlight.
WG19	ISO/PWI 21901	Thermal insulation — Test method for thermal diffusivity — Periodic heat method.
WG22	ISO/PWI 7615-2	Energy performance of building systems — Underfloor air distribution systems — Part 2 : In-situ measurement of room air stratification.

注4) 2025年12月時点。

注5) SR (定期見直し) 対象の規格は掲載していない。

※日本がコンピナーを担当するWGまたはAHG

1 長さ、質量、熱量などに係る物理計測の基本

1. 計測とは何か

計測とは何かということ、一言で説明すると、「計測は人の扱う様々な現象を、人が広く合意した尺度や規約で表現すること」と言えると思われれます。ここで、「表現」という言葉は、広い意味を持ちますので、よりあいまいさが残らない表現として、尺度や規約という体系(システム)に映し出す(投影する)という意味で、写像ということがしばしば使われます。計測は、現象そのものを表現するものではなく、人が合意した尺度・規約に映し出すということです。現象を体系に写し出す過程で、現象が持つ様々な情報の一部もしくは大部分は失われます。計測とは、人が着目した尺度・規約に映し出された情報のみがフルイにかけられて表出されるわけです。

計測は5要素から成り立ちます。まず、最初に計測すべき対象があります。ここでは、長さ、質量、時間、力、温度、エネルギーなどの物理現象を対象として、話を進めますが、計測の対象は、物理現象に限りません。人の感情や認知、健康度や寿命など様々なものが考えられます。単体の人だけでなく、人が集合して作る社会の様々な現象、経済活動や政治活動、文化活動など、様々な現象を計測の対象とすることができます。

計測の次の要素として、計測のための操作があります。計測するためには操作が必要です。長さを図るのであれば、メジャーを当てる、質量を測るのであれば、質量に応じた様々な量りを用いる必要があります。人の認知を測るのであれば、質問紙に答えてもらうなどの操作が必要です。計測結果は、尺度に投影されます。物理現象では、決められた間隔で刻まれた比例尺度がよく用いられます。比例尺度のほかに、名義尺度、順序尺度、間隔尺度がよく知られています。比例尺度は、数字が量の大きさをそのまま表します。物理量の値は、物理量の単位に対する比例倍数を表す数値との積として表されます。数値「0」は、存在しないことを表す原点を示します。物理量の単位とその比例倍数に意味があり、物理量の加減乗除などの計算も行えるものです。ちなみに比例尺度以外に関していえば、名義尺度は対象の状態を区別するために便宜上の数字などの記号を割り当てたものです。数字が割り当てられた例としては、電話番号の局番や郵便番号などがあります。これに対して順序尺度は、数字の大小が順番や順位を表すもので、検定制度の段位や級などの例があります。

計測には共通する基準を設けることが一般的です。物理

計測では、主にSI単位が使われます。SI単位だけでなく、IP単位(Inch Pond単位もしくはYard Pond単位)などが英国や米国などでは使われています。基準が異なると、計測値を単純に比較することができません。基準には、また標準資料や、統計的規約などもあります。SI単位系においても、2019年以前には、物理的な標準物が存在していました。よく知られているように、1960年代までは、長さの基準となるメートル原器や質量の基準となるキログラム原器などが存在し、そのコピーが多くの国に配布され、これを長さの計測や質量の計測の基準にしていました。図1に日本に割り当てられた、メートル原器とキログラム原器を示します。



図1 日本国メートル原器とキログラム原器
産業技術総合研究所(計量標準総合センター)

計測は、計測対象に計測操作をした結果として基準と尺度に基づく数値を結果として得ることになります。この計測結果には、必ず計測結果としての数値の他に誤差や信頼区間もしくは計測の前提となる前提条件が付随します。多くのものの長さは、熱膨張により測定時の温度により、ものの長さは、変わります。測定の際に使用するスケールの目盛りも測定時の周辺温度の影響を受けるかもしれませんし、目盛りの読み取りも、最小目盛り以下を正確に読み取ることはできず、それ以下の読み取りには誤差が存在する可能性が大きく、その値に信頼を置くことはできません。また質量の測定の場合は、多くの場合、測定対象の質量に働く重力の力を利用して測定しますが、重力の加速度は、地表のどの地点でも同一ではありませんので、重力の力の測定による質量測定は、測定した場所で必ずしも同一になるとは限りません。計測には有効数字と誤差範囲もしくは信頼区間が必ずついて回ります。後述しますがSI単位系では、基準となる物理単位に関しては、計測誤差の混入による不確定さを避けるため、より根源的な自然法則に基づく定義に移行しており、計測操作に伴う物理単位の曖昧さ

を完全に排除しています。

2. 計測の基準

計測の基準はSI単位系の基となったメートル法、ヤードポンド法(インチポンド法)、尺貫法など、様々な基準、すなわち基準となる物理単位が定義されています。これらの基準は、人の社会で共通に使用された計測基準です。しかし、計測基準となる物理単位は、関係する人だけで閉じる場合は、その閉じた関係の中で、勝手に定めることも可能です。現代ほど国際関係が開かれていない時代には、様々な物理単位が存在していました。例えば長さの基準単位に関しては、様々なものがあります。メートル法は、18世紀末のフランスにおいて、世界で共通に使える統一された単位制度の確立を目指して制定されました。メートル法では、赤道から北極までの緯度線(子午線)の長さの1000万分の1を、長さの物理単位、「メートル、m」として基準を定義していますが、ヤード法では、長さの基準は、人の歩幅もしくは腕の長さなどになっています。人の歩幅や人体部位の長さは人により異なりますので、国内で通用する何らかの共通の基準を定めなければならなかったのではないかと想像されます。

フランスでメートル法が提案された際、長さの物理単位に加え、質量の物理単位も、この「メートル」単位の1/10である1デシメートル(1dm)を使用して、1立方デシメートル(1(dm)³)の水の質量を1キログラム(kg)と定められました。温度の物理単位であるセルシウス度は18世紀中頃、スウェーデンの天文学者により1気圧下における水の氷点と沸点の間の1/100として提案され、今日まで慣用されています。熱量の物理単位であるキロカロリーは、セルシウス度(°C)が提案された時と同じころ、フランスで、水1キログラム(kg)の温度を0°Cから1°Cに上げるのに必要な熱量として提案されました。

時間の物理単位は、人類にとってなじみ深いものであり、歴史的にも天体観測から定められていました。その基本は、昼間と夜間の交代を一日とし、これを分割して時間単位を定める地球の見かけの自転周期から定められました。ただ、昼間と夜間は季節により変化します。そのため、昼間と夜間の時間が一致する天球図において春分の日において、太陽が天球図上の赤道を一周する時間を1日とし、その1/24を1時間、その1/60を1分、さらにその1/60を1秒としています。時間の物理単位は、現在も十進法ではありませんが、長さや質量に関しても、時間と同じく、十進法以外の方法が用いられたことがあります。これは長さや面積、質量などを分割する際、十進法では1/3等分や1/4等分しようとする、小数点以下の桁が必要になり、「切り」の良い分割ができないためです。1時間は60分ですが、1/3は20分と切りの良い数字になりますが、1時間が10進法で100分であったとすると1/3は、33.33...など

となり、切りの良い単位に収まりません。

メートル法は、長さの物理単位を人間のスケールを遥かに超える地球の子午線の長さから演繹していますが、人の基本寸法である、身長や歩幅などと大きな差異はなく、多くの人にとってなじみ深い物理単位になっていると思われます。人は、また日常的に炊事などで煮炊きを行います。水にかかわる物理特性を、質量や温度、熱量の物理単位にすることも自然なことと思われます。

18世紀は、蒸気機関が急速に発展し、熱量と機械仕事の関係の理解が進み、さらに19世紀には電気抵抗に電流を流した際の発熱量や機械仕事による発熱量の関係の理解が進み、熱量や機械仕事の物理単位であるジュール(J)が用いられるようになりました。現代では、かつて熱量の物理単位として用いられたキロカロリーは慣用として使用されるにとどまり、エネルギーの物理単位としてジュール(J)もしくはワット秒(Ws)が用いられるようになっていきます。

3. 物理単位を柔軟に変える模型とシミュレーションの無次元化

前にも述べましたが、物理計測における物理量の値は、単位の物理量に対する比例係数を表す数値との積として表されます。この物理単位の設定は、基準を定めた後の一貫性を守れば、ある程度自由に定められます。歴史的に見ても人は様々な定義による物理単位を使ってきました。現代人であっても人や社会に不都合を与えなければ、計測の基準となるこの物理単位を自由に変えることは許されます。

筆者は、建築にかかわる仕事をしていた関係で、長さの基準となる物理単位は、地球の大きさなどではなく、人が実際に住まい、活動する場となっている建築を引用する物理単位にするのも良いのではないかと、しばしば思います。例えば、階高(FH; floor height)なども良いかもしれないと考えることがあります。室の奥行きや室の幅、天井高、敷地の大きさなどはすべてこの階高FHを基準にして測定するのも良いと考えます。ちなみに質量の物理単位は、地震時の振動解析を考え、建物の階高当たりの総質量などが良いかとも思います。この計測の物理単位を自由に選べばよいという考えは、実現象と相似となる模型を考える際などには、大変重宝します。それぞれ実物と模型の階高を物理単位として計測すると、実物と模型の建物高さ、敷地の広さなどの形状を示す物理単位の比例係数値はすべて一致します。言葉を変えれば、それぞれの物理単位に対する比の値が、実物と模型で一致すれば、実物と模型は相似です。この比例係数値は当たり前ですが物理量の次元を持ちません。基準の物理単位で無次元化された長さと呼ぶことができます。無次元化された長さが実物と模型で一致すれば、幾何学的関係において、実物と模型は必ず相似になります。

この考えは、長さだけにとどまりません。時間や質量、温度など、計測の対象となるあらゆる物理現象に考えることができます。基準となる物理単位により、無次元化された時間、質量、温度などを考えることができます。

物づくりの世界では、実物を作成する前に、実物に対応し、現象の相似性が厳密にあるいは概略的に保証された模型実験あるいは計算機シミュレーションにより検討されることがしばしば行われます。例えば、火災や地震に関わる建物の安全性の検討や、建物内での感染性の汚染物質の発生と拡散に関する安全性の確認など、火災の際の煙流や火災拡大現象、地震時の建物の構造部材に働く応力やひずみの程度、換気される室内での空気の流れによる、熱や汚染物質の移流拡散など様々な検討が行われます。基準となる物理単位により無次元化された長さや時間、質量、温度などを基礎とする模型実験や計算機シミュレーションは、大変役立ちます。

物理現象は、長さや質量や時間、あるいは温度などの関係を記述する物理法則によって生じます。これら物理法則は、その関係を数式で表現する支配方程式で表現されます。この支配方程式には、計測の基礎となる物理単位により数値が定められますが、支配方程式自身を計測の基礎となる物理単位により無次元化して得られる無次元の支配方程式で表現することも可能です。具体的な方法は簡単です。支配方程式は、物理現象に基づいた物理単位の比例係数を持つ物理次元を持つ数式です。この物理次元を打ち消すように、逆数となる物理単位を支配方程式の両辺にかけ合わせれば無次元の比例係数と無次元の物理定数による支配方程式が得られます。支配方程式には、無次元の物理定数（パラメーター）が現れますが、この無次元物理定数を一致させれば、実物でも模型実験でもあるいはシミュレーションでも無次元の世界で同じ場所、同じ時間で同じ数値になる物理現象が再現されます。実現象に読み替えるには、無次元化された比例係数に、計測の基礎となる基準の物理単位の数値を入れて換算しなおすだけです。

4. 縮尺模型を用いた物理実験の例 (自由落下)

計測にかかわる単位系という本題の趣旨からは、少し離れますが、計測の基準を変えるということが物理現象の理解に役立つ例として縮尺模型実験の例を示します。地球での現象には重力加速度が大きく影響するものが数多くあります。代表的なものは、自由落下現象でしょう。模型実験で自由落下現象を扱うとすれば、自由落下を扱う物理式は

$v=gt$ もしくはその積分 $z=gt^2/2$ 、これより $v^2=2gz$ 、これを長さの基準 L_0 、時間の基準 t_0 を考慮して無次元化し、 $\langle v \rangle^2 = 2 \cdot (gt_0^2/L_0) \cdot \langle z \rangle$ となります。ここで、 z はある長さの物理単位で測る長さ、 v はある長さの物理単位、時間の物理単位で測る速度、 t はある時間の物理単位で測る時間、

g は同様にある基準の物理単位で測る地球の重力加速度、 L_0 は長さの物理単位、 t_0 は時間の物理単位、 $\langle \rangle$ は基準となる物理単位の比例係数を示します。 (gt_0^2/L_0) は、無次元化された地球上の重力加速度を示します。重力加速度は、基準となる長さの物理単位を L_0 、基準となる時間の物理単位を t_0 として計測すれば、どのような物理単位を用いても無次元加速度は同じ値になります。

ここで、ゴジラが町を破壊する光景を模型を用いて撮影する場面を想像してみます。ゴジラの破壊により、ビルの屋上から物が落下して、地上に散乱する様子を評価してみます。

仮にビルの高さを25mとします。模型撮影の際のビルの高さは1mとしましょう。縮尺1/25の模型を用いた撮影を考えることとなります。実現象と模型実験が相似であれば、落下現象にかかわる関係式、 $\langle v \rangle^2 = 2 \cdot (gt_0^2/L_0) \cdot \langle z \rangle$ は、対応する場所でそれぞれの無次元速度 $\langle v \rangle$ と無次元距離 $\langle z \rangle$ は同じ値を示すことが相似条件になります。落下点 $\langle z \rangle = 1$ での速度の $\langle v \rangle$ は、同じ値でなければなりません。無次元重力加速度 (gt_0^2/L_0) は、模型と実物で同じ値ですので、無次元速度を定める際の時間に関する物理単位が、長さの物理単位と同様に、実物と模型で異なっていることが必要です。時間の物理単位は、模型では実物の $\sqrt{1/25}$ 、すなわち、1/5の縮尺の物理単位の時間となっている必要があります。実物で25mを落下する時間は $\sqrt{5}$ sec ですが、模型では、その1/5、 $\sqrt{1/5}$ secの時間で落下点に到達します。すなわち、縮尺比1/25の模型実験では実物の5倍速で相似となる落下現象が起きていることとなります。

模型撮影で観測した落下現象を動画として撮影記録する場合、動画の再生の際に、0.2倍速のスロー再生で、ゆっくりとした時間間隔で観察すると、模型撮影での動画が、あたかも実現象の動画再生と同じ感覚で味あえるわけです。もちろん、最新のコンピューターシミュレーションによるCGでも同様です。ここでは縮尺比を1/25としましたが、縮尺比の設定は自由にできます。縮尺比を1/100にすれば、模型での時間の物理単位は実物の1/10になります。縮尺比を自由に変えられるという観点から、物理現象の支配方程式を無次元化した支配方程式の利用は有用です。模型実験だけでなく、コンピューターを用いる物理現象の計算機シミュレーションも無次元の支配方程式に基づいて行い、後で各物理量の物理単位を用いて、様々な相似な結果に換算しなおすことは便利ではないかと思います。しかし、近年は、急速に計算機シミュレーションの時間コストが下がり、相似性を考えず、物理単位が組み込まれた実モデルを用いてシミュレーションが行われることが多いようです。

5. メートル法とSI単位系

メートル法は、英語表記で metrec system と言い、長さの単位をメートル (m)、質量の単位をキログラム (kg) を

基準とする十進法による単位系システムです。この基準をより洗練したものが、SI単位系で、2019年に再定義されたものが、現在、最新のSI単位系として使われています¹⁾。

メートル法は、よく知られているように当初、長さの基準の1mを地球の北極点から赤道までの子午線弧長の「1000万分の1」として定義し、基準器としてメートル原器が作成され、その複製が、メートル法を採用する各国に配られました。質量の単位は、1dm (1デシメートル、10cm) 立方の水の質量を1kgとして定め、同じく基準器としてキログラム原器が作成され、その複製が、同じくメートル法を採用する各国に配られました。

MKS単位系は、このメートル法におけるメートル (metre) とキログラム (kilogram) の単位系に時間の単位として、秒 (second) を加えて基本単位とする単位系をいいます。さらにMKSA単位系はこのMKS単位系に、電流の単位アンペア (ampere) を加えたものになります。このMKSA単位系を発展させたものが国際単位系 (SI) です。国際単位系 (SI) は、MKSA単位系にさらに3つの基本単位として温度の単位であるケルビン (K)、物質量の単位であるモル (mole)、光度の単位であるカンデラ (cd) を追加しています²⁾。

国際単位系 (International System of Units、略称: SI) は、メートル法の後継として国際的に定められ、世界中で広く使用されている単位系です。この国際単位 (SI) はメートル条約に基づき世界で通用する単位系 (SI) を維持するために加盟国参加により開催される総会議である国際度量衡総会 (仏語名 (仏語が正式言語): Conférence générale des poids et mesures; CGPM, 英語名: General Conference of Weights and Measures) の合意に基づいています。メートル条約は1875年5月20日に成立したメートル法に関する条約で、日本は、1885年に加盟し、メートル原器とキログラム原器の配布を受けています。

この国際度量衡総会は、配下に2つの機関 (国際度量衡委員会 (CIPM) 及び国際度量衡局 (BIPM)) を持っています。総会に対し委員会が、理事会的組織として実質的な運営を担っています。現在運用されているSI基本単位の定義は、第26回国際度量衡総会で決議・承認されたものです。これは、それまで定義されていた多くのSI基本単位が、より根源的な自然法則に基づく定義に移行した画期的なもので、2019年5月20日より施行されています。SI単位の合意書は、産総研の計量標準総合センターの公開している日本語版³⁾やパンフレット⁴⁾などを参照してください。

SI単位には、7つの定義された値と直接結びつく基本単位とこれらの積としての組立単位があります。SI基本単位は、7つの定義された物理定数あるいは物質固有の特性値に基づいています。この基本単位は、「全ての定義が人工物を使った標準、物質の特性、測定方法」のいずれにも関連づけられない形で確立されています。これにより基本単位に関しては、その物理単位を実現する精度が、定義自

体によって制約されることなく、自然界の量子構造と人類の技術力のみによることになりました。これら基本単位は、秒 (s)、メートル (m)、キログラム (kg)、アンペア (A)、ケルビン (K)、モル (mol)、カンデラ (cd) の7つであり、対応する物理量は、それぞれ順に時間、長さ、質量、電流、熱力学温度、物質質量、光度になります。

時間、長さ、質量、温度に関する具体的な定義の例を以下に示します。時間に関しては、セシウム 133 原子の基底状態の遷移周波数を単位 Hz で表したときに、その数値を 9192631770 と定めることによって、時間の単位である秒 (sec) を定義しています。長さに関しては、真空中の光の速さ c を 299792458m/s とし、時間の単位である秒 (sec) を用いて長さの単位メートル (m) が定義されます。質量は、静止エネルギーと質量の関係式 $E=mc^2$ を用いて、ある振動数 ν の光子のエネルギー ($E=h\nu$) と等しい静止エネルギーを持つ物体から質量が定義されます。具体的には、プランク定数 h を $h=6.62606957 \times 10^{-34}\text{Js}$ と定め、周波数が $\{(299792458)^2/6.62606957\} \times 10^{34}\text{Hz}$ の光子のエネルギーと等価となる質量を1キログラムと定義しています。温度に関しては、熱力学温度 (絶対温度) ケルビン (K) を、ボルツマン定数 k を単位 J K^{-1} ($\text{kg m}^2\text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$) で表したときに、その数値を $k=1.380649 \times 10^{-23}$ と定めることによって定義されました。ボルツマン定数は、熱エネルギーと温度の間の換算係数としての役割を持っており、統計力学における粒子1自由度当たりの熱エネルギー E がボルツマン定数 k を乗じた熱力学温度 $k \cdot T$ に比例する関係から熱力学温度ケルビン (K) が定義されています。

SI組立単位は、上述しました基本単位のべき乗の積として定義されます。このうち特に、積の係数が1である組立単位は、「一貫性のある組立単位」と称され、全部で22個あります。ヘルツ (Hz)、ニュートン (N)、パスカル (Pa)、ジュール (J)、ワット (W)、クーロン (C)、ボルト (V)、ファラッド (F)、オーム (Ω) などは、よく知られた一貫性のある組立単位で、対応する物理量は、順に振動数、力、圧力、仕事 (エネルギー)、仕事率 (パワー)、電荷、電圧、静電容量、電気抵抗になります。

基本単位による具体的な組立単位の例を示す。振動数のヘルツ (Hz) は (1/s)、力であるニュートン (N) は (mkg/s^2)、圧力であるパスカル (Pa) は (kg/ms^2)、仕事率 (エネルギー) のジュール (J) は ($\text{m}^2\text{kg/s}^2$)、仕事率 (パワー) のワット (W) は ($\text{m}^2\text{kg/s}^3$)、電荷のクーロン (C) は (As)、電圧のボルト (V) は ($\text{m}^2\text{kg/s}^3\text{A}$)、静電容量のファラッド (F) は ($\text{s}^4\text{A}^2/\text{m}^2\text{kg}$)、電気抵抗オーム (Ω) は ($\text{m}^2\text{kg/s}^3\text{A}^2$) となります。

6. 計測の信頼性確保 (トレーサビリティ体系)

SI単位系に基づく計測に関する物理単位は、上述した

ように国際度量衡総会により厳密に定義されています。様々な人々、様々な機会で、このSI単位系に基づく計測が行われますが、そうした人々により行われる計測値が信頼できるか否かはSI単位系の制定とは別に、人々の行う計測の信頼性に関する評価が必要になります。日本における日常的な計測信頼性(計測の信頼性確保(トレーサビリティ体系))の確保は、国家計量標準NMIJ及び認定された校正事業者により担保される仕組みになっています。国家計量標準NMIJは、国立研究開発法人産業技術総合研究所内に設置された計量標準総合センター(National Metrology Institute of Japan)により、国家計量標準の整備と普及、計測・評価技術の開発などが行われています。校正事業者の信頼性は、独立行政法人製品評価技術基盤機構NITE(National Institute of Technology and Evaluation)内の認定センターであるIAJapan(International Accreditation Japan)が、校正機関の能力に関する要求事項を示すISO/IEC 17025および対応するJIS Q 17025に従って、計量法校正事業者登録制度JCSS(Japan Calibration Service System)に登録し、登録された校正機関の校正の信頼性を担保する仕組みになっています。

7. 日本の尺貫単位系

尺貫法は、長さ・面積などに関する単位系の一つです。長さの単位に「尺」、質量の単位に「貫」を用いることから尺貫法の名称が使われています。尺貫法は、日本や中国など東アジア地域で広く使われてきましたが、中国では質量の単位には「斤」を用いるため、尺斤法とも呼ばれます。

尺貫法の成り立ちは、西洋のヤード・ポンド法などと同様に、身体の一部の長さや、穀物の質量などが単位として使われていましたが、統一国家の成立とともに、明確な定義がなされるようになりました。現在、尺貫法を使用していた国はすべて国際単位系に移行しており、尺貫法を公式の単位としている国はありません。

長さの基本単位は、「尺」になります。長さの単位としては、他に「里」、「町」、「間」、「丈」、「寸」などがあります。メートル法との対応は、まだ尺貫法が慣習的によく使われていた昭和20年代に制定された旧計量法施行法(1998年廃止)によれば、「尺」はメートルの10/33の長さとしていました。また、「里」、「町」、「間」、「丈」、「寸」の関係は、1里=36町、1町=60間=360尺、1間=6尺、1丈=10尺、1尺=10寸=0.3030303mとなっています。旧計量法施行法では、尺(曲尺(かねじゃく))の他、その1.25倍にあたる鯨尺(くじらじゃく)も定義されていました。尺は、建築などの分野で現在も慣用として使われていますが、鯨尺は和裁用に使われています。

尺貫法では、面積や体積に対する単位も定められています。面積に関しては、田畑や山林の地積には町、反などが、宅地や家屋の地積には坪などが慣用としてよく用いら

れています。1町=10反=9917m²、1反=30坪=991.735m²、1坪=3.305m²に相応します。体積に関してはマスが基本単位になっています。1石=10斗=180.90L、1斗=10升=18.039L、1升=10合=2401/1331L=1.803Lに対応しています。合や升は、飲料の単位として、現代でも慣用としてよく用いられています。

質量に関しては「貫」を基本の単位としています。旧計量法施行法によれば、1貫はキログラムの4分の15の質量(すなわち15/4kg=3.75kg)と定められていました。1貫=6.25斤=100両=1000匁=3.75kg、また1斤=16両=160匁=600gに対応しています。

尺貫法には、特に温度や熱量を表す物理単位は設けられていません。近世以前でも、陶磁器の焼成や鍛冶屋など、様々な分野で温度管理や熱量管理(燃料による発熱管理)が求められたと考えられるが、これらはこれに携わる人々の経験により管理されており、長さの単位や質量の単位など、人々の間を流通する際の共通計量単位とは為らなかったのではないかと思います。

日本では尺貫法を計量単位として使用されることはなくなりました。しかし、設計者の思考上の計算や内部的な計算など、取引や証明に当たらない計量において尺貫法の単位が使われるケースは、現在でもよく見られます。

8. ヤード・ポンド単位系

ヤード・ポンド法(United States customary units)は、文字通り、米国を中心に使用されている単位系です。米国ではインチポンド法ともいわれています。イギリスでもヤード・ポンド法が使われますが、米国で使用されるものと区別するためImperial unitsと呼称しています。このヤード・ポンド法という名称は、長さはヤード、質量はポンドを基本単位としていることに由来しますが、歴史的経緯によりイギリスと米国では、同じ単位名称でも値が異なるものもあります。

メートル法の普及により、多くの国は従来使われていた度量衡をメートル法に置き換えました。米国は、ヤード・ポンドによる慣用単位が未だに多く使われています。米国は、第二次世界大戦から冷戦期にかけて世界の超大国としての地位を確立し、いまだにヤード・ポンド法を使用しているため、メートル法に移行した多くの国でも、米国の強い影響下にある分野(軍事・航空・コンピュータなど)に関しては、ヤード・ポンド法の限定的な使用が続けられています。

米国におけるヤード・ポンド法による長さの単位は、フィート(ft)のほか、インチ(in)、ヤード(yd)、マイル(mi)などがあります。米国では、測量のみの用途に使われる長さの単位と測量以外の用途に使われる長さの単位が、微妙に違っています。測量以外の用途に用いられるこれらの関係は、1ft=12in=0.3048m、1yd=3ft=0.9144m、

1mi=1760yd=1.609344mになります。長さの単位は十進法ではありません。これは分割の便利さから採用されたようです。尺貫法の尺とヤード・ポンド法のフィートは、両者とも約30cm、間の1/2とヤードは、ともに約90cmではほぼ対応します。

面積の単位に関しては、平方フィート、平方ヤードが用いられますが、地積の面積では、エーカー (acre) なども定義されています。1acre=43560sqft=4046m²の関係があります。

ヤード・ポンド法では、体積の単位に関しては、液体用と穀物用の2種の単位があり、同じ名称でも異なる値の単位を用いています。液量に関して、ガロン (gal)、クォート (qt)、ポイント (pt) などがあります。1gal=231 cu in=3.785L、1qt=1/4gal、1pt=1/2qtの関係があります。

質量の単位には、オンス (oz)、ポンド (lb) などがあります。1lb=16oz=0.45359237kg、1oz=28.349523125gの関係があります。

ヤード・ポンド法は長さや質量だけでなく、工学分野における仕事率 (パワー) や温度、熱量 (エネルギー) などでも長く使われてきました。その際、基本となる長さや質量の単位はフィート (FT) とポンド (lb) で、変わりありません。ヤード・ポンド法における工学分野で最も早く使われ出した物理単位は、力と圧力などがあげられます。力は1ポンドの質に働く重力を力の物理単位とし、重量ポンド (lbf) とされました。すなわち、1重量ポンドは、標準重力加速度 (9.806 65m/s²、196133/6096ft/s²) と同じ加速度を生じさせる力になります。1重量ポンドは、この標準重力加速度を用いると4.4482216152605ニュートンの力に換算されます。圧力は、1インチ四方に1重量ポンドが働く場合を基本単位とし、重量ポンド毎平方インチ (psi) とされました。1psi=6894.757Nになります。大気圧 1atmは14.699psiになります。

力や圧力と同様、馬力と華氏度 (ファーレンハイト度) もヤード・ポンド法で工学分野における物理単位として定義されています。両者とも18世紀には、定義され、使用されています。馬力は、18世紀後半、ジェームズ・ワットによって、550ポンドの水を1秒間に1フィート汲み上げるのに必要な仕事率として定義されました。1馬力は、約745Wに対応します。なお、1馬力はもともと、引馬 (荷を引く馬) が継続的に荷を引っ張る際の仕事率を基準にしています。馬は瞬発的にはより大きな仕事率を出すことができます。例えば、全力で加速しているサラブレッドは、数十馬力もの脚力を出しているといわれています。また、人の瞬間的な最大仕事率は約1馬力と言います。人が継続的に発揮できる仕事率は、その1/7、約0.14馬力と言われています。

華氏度 (ファーレンハイト度) は、18世紀前半、ドイツの物理学者 ガブリエル・ファーレンハイトによって定義されました。当初は過飽和状態の塩と水を混ぜたものが凍る温度を0度、人の体温を96度として定義されましたが、

18世紀後半、水の融点を32度、標準大気圧における水の沸点を212度とし、その間を180等分するようファーレンハイトの温度目盛りが修正されています。1度の温度間隔がケルビン (K) の5/9すなわち1.8分の1です。

ヤード・ポンド法では、熱量 (エネルギー・仕事) の単位も規定されています。英国熱量単位 (Btu: British thermal unit) は、1ポンドの水の温度を華氏度で1度上げるために必要な熱量と定義されています。1Btuは1055.06Jに対応します。Btuは、主に米国とイギリスで使用されています。イギリスでは空調システムなど限られた範囲での使用ですが、米国では空調システムの他、熱量全般で使用されています。Btuは、1時間当たりの仕事量として、仕事率を表すのにも使用されます。1馬力は約2540Btu/h、1ワットは、3.4Btu/hなどの関係があります。

9. 結語

計測は人の扱う様々な現象を、人が広く合意した尺度や規約で表現することです。様々な物理量の測定に関しては、基本となる物理単位を定義しその比例倍数で物理量を計測します。国際的な計測の基本として、SI単位系が定められており、多くの地域、この単位系が使われています。SI単位系には、基本単位と基本単位の積で表される組立単位があります。基本単位は、その定義自身が物理単位を実際に実現させる際に精度の制約を招かないよう定義されています。長さ、質量、時間、温度、などに係る基本単位と力やエネルギーなどの組立単位を示しました。また計測の精度の信頼性を担保するトレーサビリティ体系のシステムに関しても簡単に触れました。SI単位の他、尺貫法やヤード・ポンド法による計測システムもいまだ使用されているため、その内容を簡単に紹介しました。

参考文献

- 1) 国際単位系 (SI) 第9版 (2019) 日本語版 産業技術総合研究所、計量標準総合センター、2020.4
- 2) 国際単位系 (SI) は世界共通のルールです SIパンフレット、産業技術総合研究所 計量標準総合センター 計量標準普及センター 計量標準調査室、2020.4、2023.3改訂



profile

加藤信介

東京大学 特命教授・名誉教授

試験装置 図鑑

建材試験センターに設置されている試験装置を紹介します。

装置に関連するYouTube動画や過去に建材試験情報へ掲載された記事も併せて掲載していきますので是非ご覧ください。

工材-1

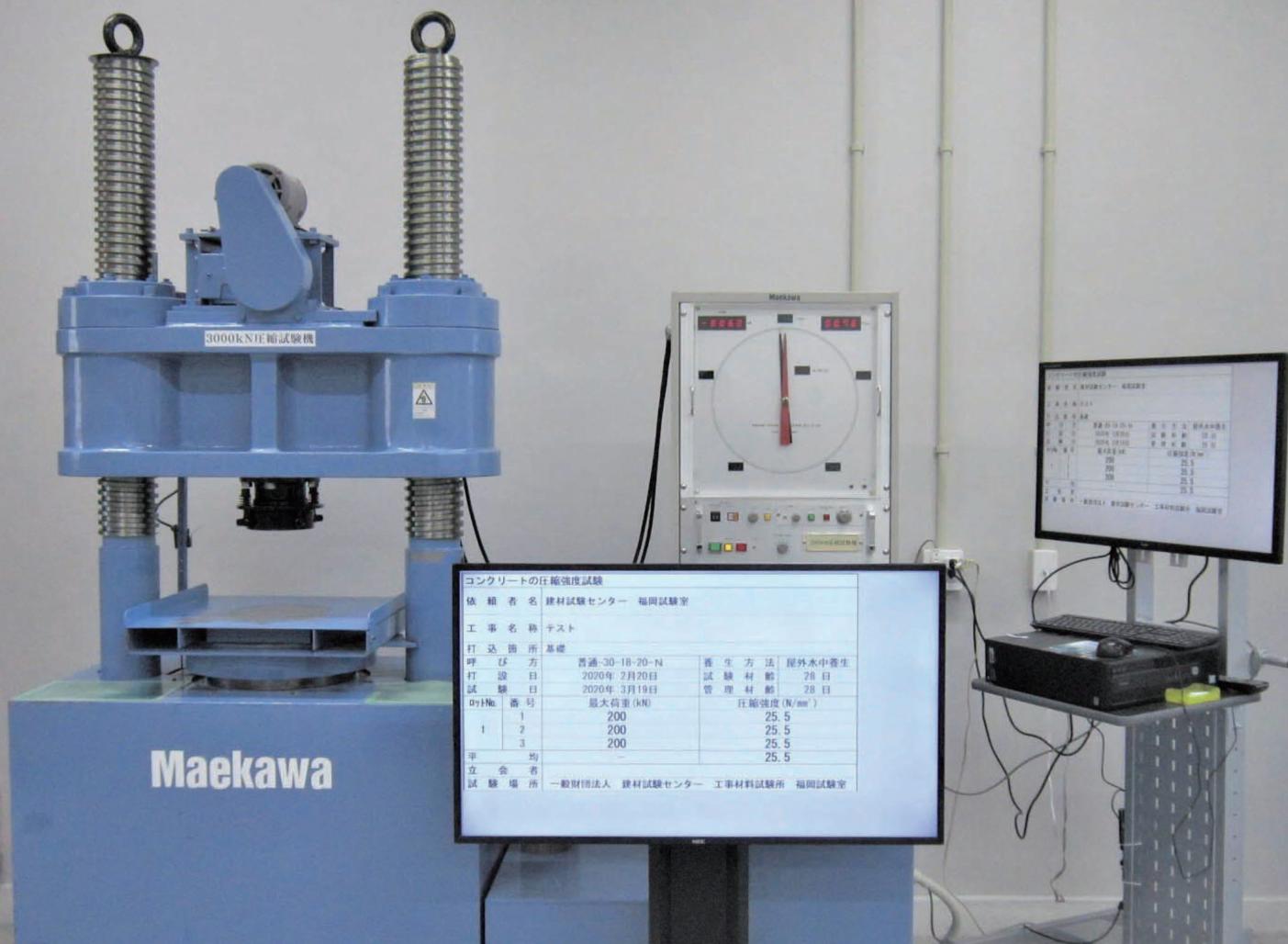
3000kN圧縮試験機

仕様 変換秤量：300, 500, 1000, 2000, 3000kN
荷重制御：自動及び手動
荷重表示：デジタル（ピークホールド機能付）
ストローク：150mm

強み 超高強度コンクリートや超高強度繊維補強モルタルなどの爆裂破壊を伴う高強度材料の圧縮試験が可能。

試験対象・試験例など コンクリート、超高強度繊維補強モルタル、コンクリートコア、石材、木材などの圧縮試験

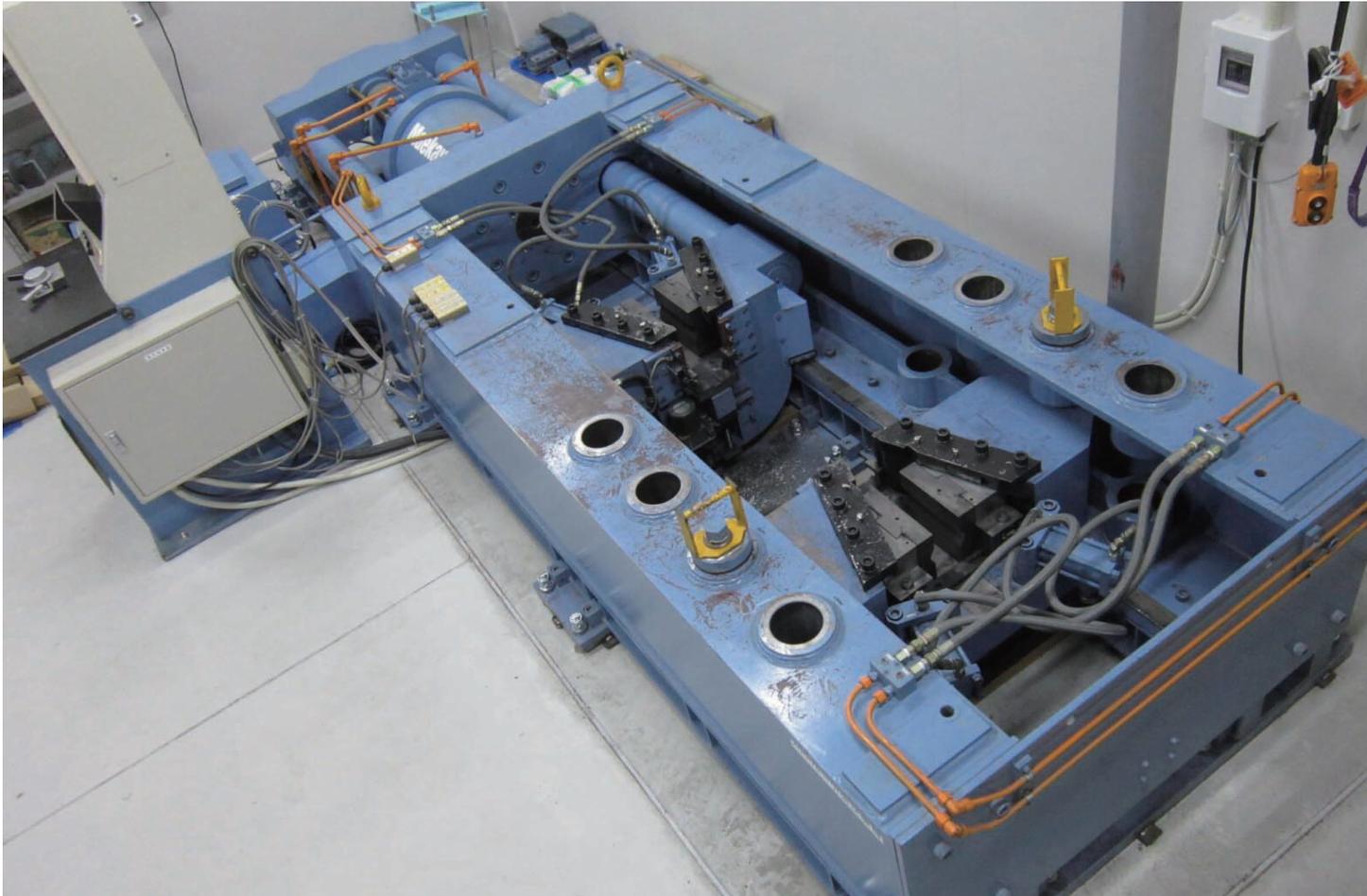
関連記事 [【業務紹介】
建材試験情報vol.56,2020年5・6月号](#)



【お問い合わせ先】

工事材料試験所 企画管理課 TEL：048-858-2841 FAX：048-858-2834

工事材料試験所 福岡試験室 TEL：092-934-4222 FAX：092-934-4230



工材-2

2000 kN横型 引張試験機

【お問い合わせ先】

工事材料試験所 企画管理課

TEL : 048-858-2841

FAX : 048-858-2834

工事材料試験所 福岡試験室

TEL : 092-934-4222

FAX : 092-934-4230

仕様

変換秤量 : 200, 500, 1000, 2000kN
荷重制御 : 自動及び手動
荷重表示 : デジタル (ピークホールド機能付)
ストローク : 300mm

強み

長さ 1.7 m (つかみ間隔約 1.1 m) までの長尺試験片や、
D51 及び ϕ 60 mm までの太径試験片の引張試験が可能。

試験対象・
試験例など

鉄筋素材、各種鉄筋継手 (ガス圧接、溶接、機械式)
ターンバックル、アンカーボルト、各種鋼材の引張試験

関連記事

【Youtube | 建材試験センター】
[工事材料試験 鋼材の引張試験](#)



【試験設備紹介】
[建材試験情報vol.40,2004年6月号](#)



【業務紹介】
[建材試験情報vol.56,2020年5・6月号](#)



J T C C M

試験装置
図鑑

R E G I S T R A T I O N

JISマーク表示制度に基づく製品認証

製品認証本部では、以下のとおり、JISマーク表示制度に基づく製品を認証しました。

JISマーク認証取得者

認証番号	認証契約日	JIS番号	JIS名称	認証取得者の名称	住所
TC0225002	2026/1/26	JIS G 3551	溶接金網及び鉄筋格子	秋田昭和産業株式会社	秋田県男鹿市船越字一向207-88
TC0425003	2026/1/20	JIS A 9510	無機多孔質保温材	日本インシュレーション株式会社	大阪府大阪市中央区南船場1-18-17 商工中金船場ビル7F

JISマーク製品認証の検索はこちら <https://www.jtccm.or.jp/certification/product/jis-search>

Editor's notes

—編集後記—

読者の皆様におかれましては、本号の「建材試験情報」をご覧いただき、誠にありがとうございます。

先日、我が家の中で割と大きめのクモを発見しました。捕まえて外に出そうとしたところ、娘から「そのまま、家の中で自由にさせてほしい」と懇願されました。調べてみると、巷で「軍曹」と呼ばれるアシダカグモでした。このクモはゴキブリの天敵として知られ、「対ゴキブリ部隊の中核として戦う軍曹」というイメージから、「軍曹」と呼ばれているそうです。かくして、我が家の中を対ゴキブリ部隊のクモが闊歩する羽目になりました。それから10日ほど経って久しぶりに姿を見かけたら、動かなくなっていました。手柄は立てられたのでしょうか。軍曹がいなくなってしまう、なんとも残念です。もし、クモを見かけたら、「軍曹」かもしれませんので、調べてみて下さい。

さて、私事ですが、我が家も築30年以上が経過し、水回りから異常が始めました。まずは洗面台の蛇口から常に水が滴るようになりました。修理しようにも合う部品がなく、業者を頼むも土台の老朽化が激しいとのことで、結局、洗面所のリフォームをすることになりました。洗面所あたりを解体すると、色々と修繕が必要な箇所が見えてきて、ついには浴室のリフォーム工事にまで範囲が広がりました。

また、キッチンでも蛇口のぐらつきと水漏れがあり、排水箇所まで点検したところ、土台が大変なことになっており、ここも改修工事を決意するしかありませんでした。なんとも、実に、おおごとになってしまいました

浴室解体でわかった水漏れと木材へのダメージを観察し、家も年を取ってしまうのだなと思いました。

確かに、なにか壊れ始めたなど、わかってはいたのですが、「使えているから」と見ないふりを決め込んでいました。その「異常箇所をほうっておく」ことが1番の傷になり得ると痛感しました。老朽化放置は一大事です。

老朽化による事故といえば、埼玉県八潮市で起きた大きな道路陥没事故も、県道に埋設された下水道管の老朽化が原因とのことです。この事故は、規模の大きさから注目を集めました。同様の事故は意外と多く発生しているようで、復旧工事は現在も続いています。道路や上下水道などのインフラの老朽化への関心が高まったの言うまでもなく、身近なインフラの脆さを想像すると、足元がひやりとするような不安に包まれます。

さて、建材試験センターでは、試験設備だけではなく技術力の向上にも取り組んでいます。これからも、第三者証明事業を通し、住生活・社会基盤への貢献に努めてまいります。今後とも、どうぞよろしく願いいたします。

(荻原)

建材試験情報編集委員会

委員長	小山明男 (明治大学 教授)
副委員長	芭蕉宮総一郎 (常任理事)
委員	荻原明美 (常任理事) 白岩昌幸 (常任理事) 萩原伸治 (経営企画部 部長) 中里侑司 (経営企画部 企画調査課・経営戦略課 参事) 原田七瀬 (経営企画部 企画調査課 主査) 大西智哲 (経営企画部 経営戦略課 主査) 小林直人 (経営企画部 経営戦略課 主査) 疋島宗哉 (経営企画部 経営戦略課)
事務局	黒川 瞳 (経営企画部 経営戦略課)

建材試験情報 3・4月号

発行所	2026年3月31日発行 (隔月発行) 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1-10-15 JL日本橋ビル
発行者	真野孝次
編集	建材試験情報編集委員会
事務局	経営企画部 TEL 03-3527-2131 FAX 03-3527-2134 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いたします。



ホームページでは、機関誌アンケートを実施しています。
簡単にご回答いただける内容となっておりますので、ぜひ皆様のご意見・ご感想をお寄せいただければ幸いです。
<https://www.itccm.or.jp/tech-provision/magazine/questionary>
または左記QRコードよりアクセスできます。

