

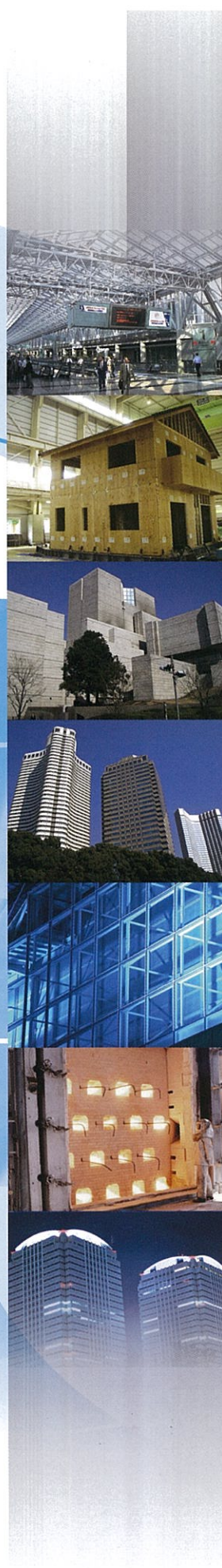
建材試験

J T C M J O U R N A L

情報

APRIL 2011.4

Vol.47



巻頭言 ————— 真鍋恒博
構法教育を振り返って

寄稿 ————— 松原一郎
室内 VOC の現場測定用検知器と
その評価法の国際標準化

技術レポート ————— 田坂太一
低放射率材料を用いた部材の
性能評価方法に関する研究
(その2) 外壁モデルの試験結果



財団法人 **建材試験センター**

Japan Testing Center for Construction Materials

I n d e x

p1

巻頭言

構法教育を振り返って

／東京理科大学工学部第一部建築学科 教授 真鍋 恒博

p2

寄稿

室内VOCの現場測定用検知器とその評価法の国際標準化

／(独)産業技術総合研究所 研究企画室長 松原 一郎

p8

技術レポート

低放射率材料を用いた部材の性能評価方法に関する研究

(その2)外壁モデルの試験結果

／田坂 太一

p13

たてもの建材探偵団

草加シリーズ(8) 富士浅間神社(市指定文化財) / 柳 啓

p14

海外調査報告

中国・上海における建築事情の調査報告 / 宮沢 郁子

p20

試験報告

建築用シーリング材の性能試験 / コメント：清水 市郎

p23

規格基準紹介

JIS A 5406(建築用コンクリートブロック)の改正について / 室星 しおり

p27

業務案内

あと施工アンカーの引張試験 / 中村 陽介

p30

50周年企画

既存建築物のコンクリート強度の推定

／(財)建材試験センター 非常勤理事,

東京大学 名誉教授, (財)日本建築防災協会 理事長 岡田 恒男

p32

建材試験センターニュース

p34

あとがき・たより

巻頭言

「構法教育を振り返って」

東京理科大学工学部第一部建築学科 教授 真鍋 恒博

大学で長く構法系の研究・教育に携わって来た。構法とは、建築を具体的なモノとして見て、どんな材料・形状・寸法等にすれば、要求される機能・性能を満足できるかという、設計の基本となる原理原則を明らかにしようという分野である。研究としては総論的・体系的な内容を主に扱って来たが、近年では部品や構法の変遷史も対象としている。教育としては、主体構造の構法（木造・S造・RC造・その他の概要と設計の目安）と、各部構法（屋根・壁・床・開口部・設備周りなどの各部の構法の概要）が主たる内容である。

図面でいえば、主として詳細図が対象である。設計製図系の教育で図面は描くが、時間の関係もあって、とうてい詳細図までは手が回らず、具体的な建築としての現実性よりは、アイデア・コンセプト重視に偏りがちである。

既製品の進歩と、図面情報のCAD化の時代では、もはやディテールなど大学で教える必要はないという意見もある。しかし、同じ構法の分野のある先輩教授が「こんな空間が欲しい、というだけなら素人にもできるが、それを実現できるのが建築のプロ」といわれたことがあるが、建物が具体的にどう出来ていて、それをどうやって造るのかを知りたいと思うのが、工学を学ぶ学生の本来的な姿勢でなければならない。

世の中が便利になって、設計行為にも省力化・合理化がすすむのは結構な話である。しかし、日常当たり前のように思っていることでも、原理に戻って考え直して見ることで、真の理解が可能となり、新たな発見も可能となる。既存のディテールのコピー・ペーストでは、図面が描けたとしても内容は理解できていない。だから、学生からは面倒な授業だと敬遠されても、信念として構法の教育を続けて来た。だが、こうした教育の価値は、卒業後実務に就いて初めて分かるようである。

大学ではまもなく定年を迎えるが、自分の信じる分野での研究・教育を続けて来られた事に満足している。ただ、構法の分野の教育・研究の後継者を育てられなかったことだけが、教師生活39年の唯一の心残りである。



室内VOCの現場測定用検知器と その評価法の国際標準化



(独)立行政法人 産業技術総合研究所 研究企画室長 松原 一郎

1. はじめに

多くの人々は、大部分の時間を屋外とは切り離された室内で生活しており、室内空気質が人々の健康や作業効率に大きな影響を与えている。良好な室内空気質を維持することは我々が健康的かつ快適に過ごすために重要な要因となる。室内空気質に影響を及ぼす因子は、二酸化炭素、揮発性有機化合物（VOC）等の化学的因子、カビ、ウイルス等の生物的因子、温度等の物理的因子が挙げられる。この中で、化学的因子の一つであるVOCは、建物の塗料、壁紙、建材、家具等から放散され、シックハウス症候群の原因物質と考えられており、その対策が求められている。しかしながら、室内のVOCは数百 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （数十ppb）と極低濃度であり、その濃度と成分の精密な分析結果を得るためには通常2週間程度を要する。一方、健康的な室内空気質の維持を図るためには、現場においてリアルタイムにVOC濃度レベルを測定することができ、またVOC総量はもとより、多種多様なVOCを選択的に個別測定が可能な検知器が必要不可欠である。こうした背景から、現在、多くのメーカーにより多様なVOC検知器が販売されているが、これら検知器の検知可能範囲、応答速度、環境変化による影響等の検知性能に関する評価法は確立されておらず、各メーカーが独自の手法で評価しているのが現状である。このため、場合によってはVOC検知器を用いたにも関わらずユーザーが期待する情報を把握できない等、検知結果の信頼性に対する課題が存在する。従って、どのような検知器を利用すれば、どのようなVOCに関する信頼性の高い情報が得られるの

か、というユーザーにとって必要な情報の提供を実現し、安全・安心な室内環境を構築する観点から、客観的な評価法を確立し、これを標準化していくことが必要である。

1990年代後半からシックハウス問題が注目され、室内空気に関する意識の高まりと共に、国際的に信頼性の高い室内空気質の分析方法の確立に対するニーズが大きくなった。これを受け、1994年にISO/TC146（大気の質）の中に室内空気を取り扱う分科委員会SC6が設置され、室内空気のサンプリング方法、換気に関する測定法、ホルムアルデヒドやVOCの分析方法、小形チャンバー法等の標準化を進めている。我が国では、建材試験センターが1999年にTC146/SC6国内対策委員会を設置すると同時に、国内審議団体として活動を開始して以降、積極的に審議に参加しJISを基にした国際規格提案等を行ってきた。また、日本工業標準調査会（JISC）が2007年に策定した「国際標準化アクションプラン」では、今後重点的に推進すべき国際標準化のテーマ及びそれに対応するISO・IECの重点TC/SCにISO/TC146が選定され、2010年の改定版においては特にTC146/SC6の重点化が明示されている。本稿では、国際標準化の対象とするVOC検知器について概説すると共に、ISO/TC146/SC6/WG16で進められているVOC検知器の評価法に関する標準化の内容について詳しく紹介する。

2. VOC検知器

VOC検知器は、公定法にも採用されているガスマスや水素炎イオン化法（FID法）、非分散形赤外線分析法

(NDIR法)といった大型の分析装置と異なり、小型・軽量で持ち運びが可能であることが最大の特徴である。また、VOCの濃度レベルが迅速に表示されるため、現場で簡便にVOCを計測することができる。このような携帯型のVOC検知器は、VOCの総量を検知するタイプと個別物質を検知するタイプの大きく2種類に分類することができる。ここでは前者を“VOC混合物用検知器”、後者を“個別VOC用検知器”と呼ぶことにする。

代表的なVOC混合物用検知器の種類を検知原理別に表1に示す。現在市販されている主なVOC検知器は半導体式、光イオン化式(PID式)、干渉増幅反射式、の3種類である。半導体式は、酸化スズに代表される金属酸化物半導体を感じ体として用いている。大気中において金属酸化物半導体の表面には、酸素が吸着しているが、VOC存在下ではVOCの燃焼に伴い吸着酸素量が変化する。感じ体の電気抵抗値は吸着酸素量に依存するため、VOCの濃度によって抵抗値が変化し、これを計測することでVOC濃度を知ることができる。PID式は、UVランプ照射によってVOC分子をイオン化する。これをキャリアガスと共に電極間に送ると電極間の電流量はイオン化されたVOCの量に依存する。この電流値をVOC濃度に変換して出力する。干渉増幅反射式は、高分子膜がVOC分子を吸着し膨潤することで膜厚が変化する現象を利用している。膜厚はVOC濃度に依存するため、膜厚変化を光の干渉現象を用いて計測することでVOC濃度に変換することが可能となる。また、これら3種類の検知器は、原理上、感じ体や各種検出デバイスが劣化しない限り、連続で使用することが可能で、測定毎に使い捨てとなるような部位は無い。

VOC混合物用検知器はVOCの総量をモニタリングすることを目的としており、個別VOCに対する選択性は小さい。一方、個別VOC用検知器は、検知対象とする物質に対する選択性を高める必要がある。代表的な手法は、小形のガスクロを導入することであり、半導体式センサと組み合わせ、選択性と高感度検知を両立している。また、ホルムアルデヒドの検知に対しては、検知テープ光電光度式や電気化学式の検知器が市販されている。

表1 VOC検知器の原理と特徴

検知原理	特徴	検出濃度
半導体式	VOC濃度に依存して変化する金属酸化物半導体の抵抗値を計測	>数ppb
光イオン化式	VOC濃度に依存して変化する光イオン化された成分量を電氣的に計測	>1ppb
干渉増幅反射式	VOC濃度に依存して変化する高分子膜の膜厚を光學的に計測	>1ppm

3. VOC検知器評価法に関する国際標準化

VOC検知器の評価法に関する国際標準は、VOC検知器の信頼性を高め、VOCの管理が効果的に実施されることで、安全・安心な室内環境の構築に貢献することが期待される。また国内外の多様なVOC検知器を同じ尺度で評価することが可能となり、我が国の製品の価値を正しく評価しアピールすることで、国際競争力強化にも繋がる。しかし、VOC検知器を対象とした評価法のJISや国際規格はなく、また広くガス検知器全体を見ても、メタン、一酸化炭素等の可燃性ガスを対象とした検知器の国際規格(IEC60079-29-1)¹⁾、および水素を対象とした検知器の国際規格(ISO26142)²⁾が存在するのみである。そこで我々は、2009年9月にVOC検知器の評価方法に関する新規提案(NWIP)をISO/TC146(Air quality)/SC6(Indoor air)へ提出した。投票の結果、新規提案は採択され、2010年1月にISO/TC146/SC6/WG16(Test methods for VOC detectors)が発足した。WG16には、日本、ドイツ、カナダ、オーストリア、イギリスから合計10名のエキスパートの登録があり、今後WGの国際会議において規格案の審議を進めていく。国内においては、2009年度に建材試験センターを事務局としてセンサメーカー、ユーザーの立場にある専門家、関連技術の専門家、有識者で構成される国内委員会を立ち上げ、規格案の審議を進めている。以下に規格案の内容について紹介する。

まず、本規格案の適用範囲を以下に示す。「この試験方法は、室内および生活環境におけるVOC濃度をモニタリングするための検知器の性能試験方法について規定す

る。この試験方法は、VOC混合物用、及び個別VOC用検知器等に適用する。本規格は応答速度、安定性、測定範囲、キャリブレーションなどVOC検知器の試験方法に適用される要件のみを規定する。」この適用範囲から分かるように、本規格では個別VOC用検知器と共にVOC混合物用検知器もその評価方法を定める対象としている。

上記したように、VOC検知器にはいくつかの異なる原理に基づく製品がある。また、研究開発段階の検知器もあり、今後新しい原理の機種も上市されることが予想される。従って、作成する規格は様々な原理による検知器を対象とすることになるため、それぞれの原理に対して、合理的な内容としなくてはならない。従って、原理の違いによる検知性能の特徴を明らかにし、これらの情報を作成する規格案に反映させる必要がある。VOC検知器評価法の規格案作成においては、試験ガスの成分をいかに決定するかが重要なポイントとなる。個別VOC用検知器の場合は、当然ながら検知対象ガスが試験ガスとして採用されるが、VOC混合物用検知器の場合は、評価に用いる試験ガスの成分の決定が本規格化において最も重要な課題となる。

我々は、試験ガスの成分を決定するためのアプローチとして以下の考え方を提案した。厚生労働省は、「居住環境中における揮発性有機化合物の全国実態調査」（1999年12月公表）によって測定対象物質のリストを示しており、また、欧州委員会共同センター環境研究所は、「室内空気質とヒトへの影響—報告書No.19室内空気質の検討における総揮発性有機化合物」（1997年）にて同定すべき物質のリストを示している。ここでは、炭素数が6以上であり、リストが示す全ての物質を同じ濃度で含む混合ガスを模擬的なVOC混合ガスとして位置づけ、さらにガス作製の際の制約を考慮して31種類のVOCを混合した“模擬VOC混合ガス”を設計・作製した。

一方、多くの成分を含む模擬VOC混合ガスは高価になるだけでなく、多成分の混合ガスでは、各成分の安定性の問題があり、これをそのまま試験ガスとして広く普及させることは難しい。そこで、ガス成分を簡素化した代替ガスを評価用の試験ガスとして採用することが必要で

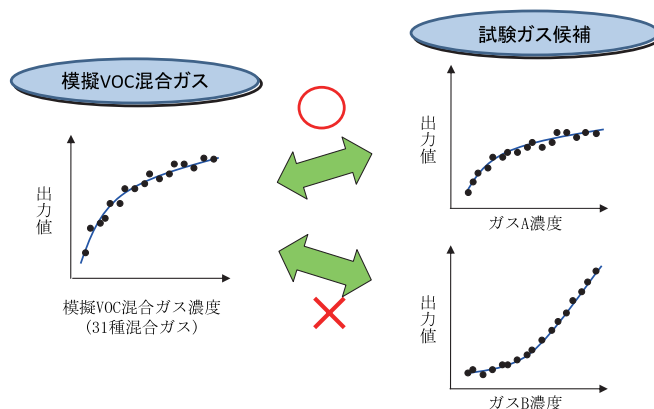


図1 模擬VOC混合ガスと試験ガス候補に対する検知器の出力値を比較することによる試験ガスの選定

あるが、そのためには試験ガスへの応答性が模擬VOC混合ガスに対する応答性と同等であることを実験的に示す必要がある。図1に試験ガスを選定する際のアプローチを模式図で示す。まず、各種検知器に対して模擬VOC混合ガス濃度を変化させ、その時の出力値を計測する。これは模擬VOC混合ガスに対するキャリブレーションカーブに相当する。その後、ガス成分を簡素化した候補ガスに対しても同様にキャリブレーションカーブを作成する。これらを比較して、模擬VOC混合ガスに最も近いキャリブレーションカーブを示す候補ガスを試験ガスとして採用することができる。

実際に作製した模擬VOC混合ガスの成分を表2に示す。脂肪族、芳香族、環状脂肪族、テルペン類、オキシ炭化水素、ハロゲン類、エステル類から選択された31種類のVOCの混合ガスである。なお、アルデヒド類は長期安定性に乏しいため除外した。31種類の混合ガスは窒素バランスのシリンダーガスボンベとして供給される。各成分の充填濃度は、以下の理由によりすべて同一濃度として設計した。特定の物質の使用が規制されると代替物質が使用される傾向にあり、そのため時代の変遷に伴い室内空气中に検出されるVOCの成分の濃度比が変化する。従って、仮に現在の住宅の室内空気質分析の結果を元に各成分の濃度比を決定しても、以降もこの濃度比である保証が無く、模擬VOC混合ガスの成分濃度に傾斜をつける

表2 模擬VOC混合ガス(31種混合ガス)の成分

	物質名
芳香族炭化水素	ベンゼン, トルエン, o-キシレン, m-キシレン, スチレン, エチルベンゼン, n-プロピルベンゼン, 1,2,3-トリメチルベンゼン, 1,2,4-トリメチルベンゼン, 1,3,5-トリメチルベンゼン, o-エチルトルエン
脂肪族炭化水素	n-ヘキサン, 2-メチルペンタン, 3-メチルペンタン, n-ヘプタン, 2,4-ジメチルペンタン, n-オクタン, 2,2,4-トリメチルペンタン, n-ノナン, n-デカン, n-ウンデカン, n-ドデカン
環状脂肪族	メチルシクロペンタン, シクロヘキサン, メチルシクロヘキサン
テルペン類	α -ピネン, β -ピネン, リモネン
オキシ炭化水素	メチルイソブチルケトン
ハロゲン類	p-ジクロロベンゼン
エステル類	酢酸ブチル

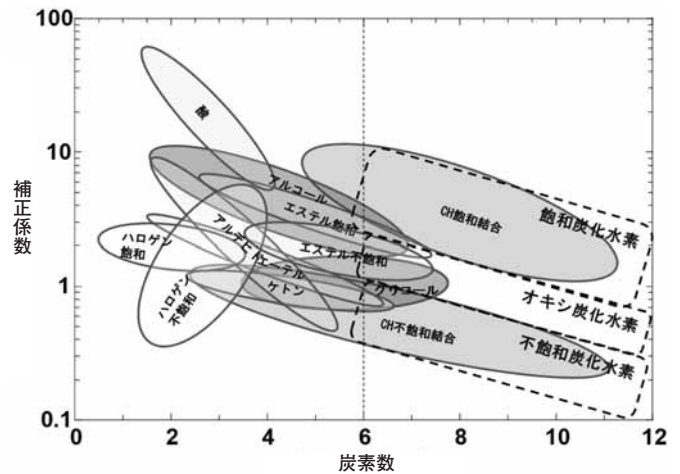


図2 VOCの炭素数とPID式検知器の補正係数との関係

根拠が得られないからである。なお、オキシ炭化水素については、数種類がリストアップされたが、ガス製造が可能なメチルイソブチルケトンに代表させているため、他の物質に比較して濃度を大きくした。

試験ガス候補を設計する際には、検知器の検出原理を考慮した。酸化スズ系材料を用いた半導体式センサは、一般にVOCに対する選択性に乏しいことが知られているが、その中でVOCの類別に応答感度に差がある。同類のVOCに対しては、ほぼ同様な感度を示すが、類が異なると感度に差が生じる傾向がある。半導体式の場合、応答感度の観点から、VOCを脂肪族炭化水素、芳香族炭化水素、オキシ炭化水素、アルデヒド類、ハロゲン類、テルペン類、エステル類に7分類することができる³⁾。すなわち、半導体式の検知器は、これら7つの類から代表する物質を選択することで、VOCに対する応答特性を評価することができる。そこで、ガス安定性に乏しい、アルデヒド類を除くその他の6類から選択したガスを混合した6種混合ガスを試験ガス候補とした。

PID式の場合、検知器の多くは、イソブチレンを校正ガスとして用いる。その為、PID式検知器の表示濃度値はイソブチレン換算濃度である。測定対象成分が既知で、かつ、単一成分のときは、補正係数表の係数と表示値の積がその物質の濃度値となり、メーカーから補正係数表が提供されている。補正係数の小さい物質ほど感度が高

く、大きいほど感度が低いことになる。そこで、各物質の炭素数と補正係数の相関を考慮し、PID式用試験ガス成分の候補を選定した。解析結果を図2に示す。炭素数6以上では、飽和炭化水素（主に飽和脂肪族）、オキシ炭化水素（エステル類）、不飽和炭化水素（主に芳香族、テルペン、芳香族系ハロゲン、不飽和脂肪族）の3分類となることが明らかになった。ただし、炭素数6以上のオキシ炭化水素（エステル類）でガス製造が可能なものは酢酸ブチルのみである。酢酸ブチルはエステルでC-C結合が全て飽和結合であり、図2中では「エステル飽和」と表記したものに含まれるが、この領域は飽和炭化水素の領域に近い。従って、飽和炭化水素、不飽和炭化水素の2種混合ガスを候補とした。具体的には、飽和炭化水素、不飽和炭化水素からそれぞれn-オクタンとm-キシレンを選択した。

干渉増幅反射式検知器は、トルエンを校正ガスとして用いる。その為、干渉増幅反射式検知器の表示濃度値はトルエン換算濃度である。測定対象成分が既知で、かつ、単一成分の場合は、補正係数と表示値の積が濃度値となり、メーカーから補正係数が提供されている。補正係数の小さい物質ほど感度が高く、大きいほど感度が低いことになる。そこで、各物質の炭素数と補正係数の関係図を作製し、この傾向から干渉増幅反射式用試験ガス成分の候補を得ることが可能であると考えた（図3）。解析の

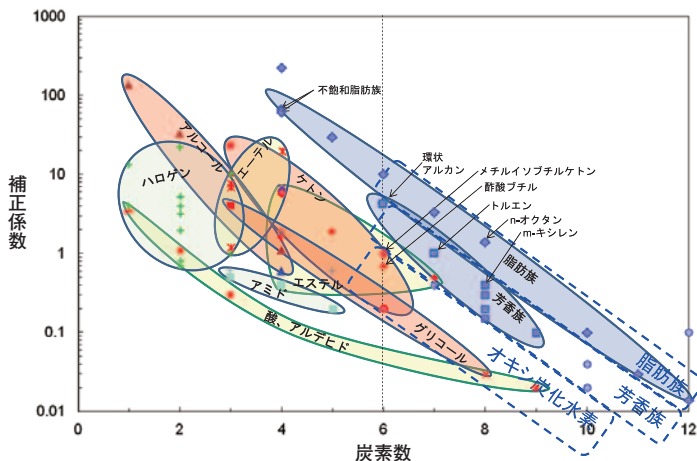


図3 VOCの炭素数と干渉増幅反射式検知器の補正係数との関係

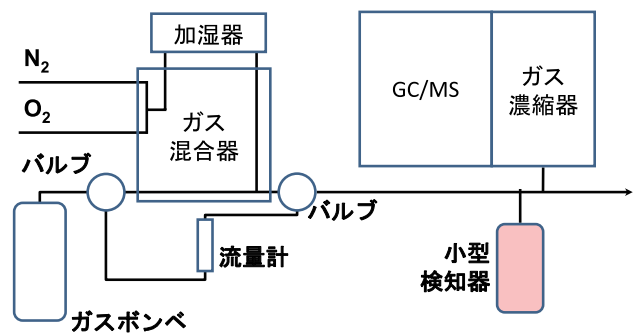


図4 検知器の応答評価システムの模式図

結果、VOC混合ガスの対象となる炭素数6以上では、脂肪族炭化水素、芳香族炭化水素、オキシ炭化水素の3種類となることが明らかとなった(図3)。オキシ炭化水素(エステル類)の例は酢酸ブチルであり、PID式の場合と同様の考察により、脂肪族炭化水素と芳香族炭化水素の2種混合ガスが候補となり、これはPID式の場合と共通化することができる。

以上の考察により、試験ガスの候補として、6成分(トルエン+デカン+ピネン+メチルイソブチルケトン+p-ジクロロベンゼン+酢酸ブチル)混合ガス、及び2成分(オクタン+キシレン)混合ガスを準備した。いずれも窒素バランスでシリンダーガスボンベとして作製した。さらにトルエンのみからなるガスも加えて、これら3種の試験ガス候補と模擬VOC混合ガスのキャリブレーションカーブを比較した。

図4に検知器の応答評価システムの模式図を示す。キャリアガスは酸素：窒素=20：80とし、加湿器により所定の湿度に調整した。また検知器の下流にはGC/MSを設置し、検知器で測定しているガスをほぼ同時に分析できるシステムとした。VOC濃度は、マスフローコントローラにより所定の濃度に調整している。

半導体式検知器を用いた測定結果を図5に示す。横軸はガス濃縮器併用のGC/MSによるトルエン換算濃度値、縦軸は半導体式検知器の表示値でプロットしている。

図5に示す様にガス濃度は、いずれのガスに対してもほぼリニアな関係を示している。各試験ガス候補ともほぼ同様な挙動を示した。これは測定に用いた検知器が種々のVOC成分に対して感度が同等であることを示している。

PID式検知器を用いた測定結果を図6に示す。横軸はガス濃縮器併用のGC/MSによるトルエン換算濃度値、縦軸はPID式検知器の表示値でプロットしている。本実験に使用した検知器は、出力される表示値がppb表記のため、縦軸、横軸共にppbで表記した。なお、本検知器は、メーカー推奨の校正ガスがイソブチレンであるため、表示値濃度はイソブチレン換算に相当する。図6に示す様にガス濃度が1400ppb以下では、いずれのガスに対してもほぼリニアな関係を示している。その中で、模擬VOC混合ガス(31種混合ガス)に最も近い挙動を示したのは、6成分混合ガスであり、この結果から、PID式検知器に対しては、6成分混合ガスが規格に採用すべき試験ガスであると言える。干渉増幅反射式の検知器に対しても同様の実験により、これに適した試験ガス成分を決定する。

本規格は、検知器の製品規格ではなく、検知器評価法の規格であるが、評価法を定める対象となる試験項目を適切に選定する必要がある。本規格では、上記の様に選定した試験ガスを用いて各種試験を実施する構成としている。試験項目として、検知器の信頼性確保に必要と考えられる、精度、安定、温度、圧力、湿度、拡散式検知

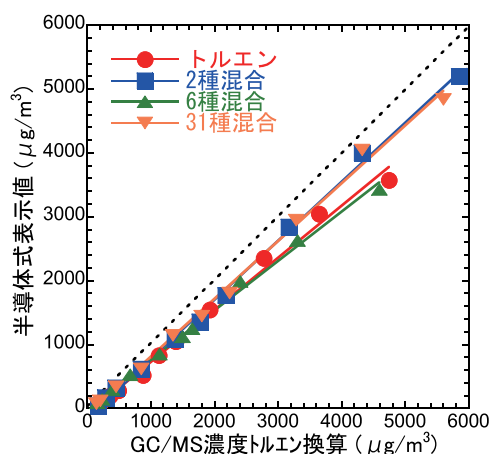


図5 半導体式検知器の模擬VOC混合ガス及び各種試験ガス候補に対する応答値のガス濃度依存性

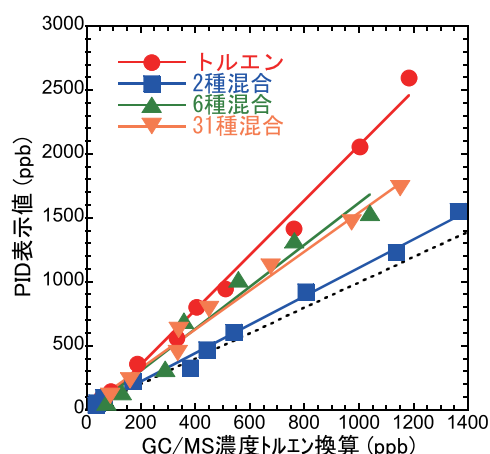


図6 PID式検知器の模擬VOC混合ガス及び各種試験ガス候補に対する応答値のガス濃度依存性

器における気流速度，応答回復時間，干渉性，被毒性，測定範囲を超える動作，電力変動，過渡電圧，電磁環境耐性の各項目を挙げ，これらの試験条件を規定している。

4. 今後の展開

検知器の評価に係る費用を考えると試験ガスのVOC成分数はできるだけ少ない方が好ましい。これまでの実験結果では，半導体式検知器は2成分混合ガスが，PID式検知器の場合は6成分混合ガスが候補として挙げられている。今後は，試験ガスの成分数を例えば4成分等に少なくしたガスを作製し，検知器の応答実験を行うことで，さらに少ない成分の試験ガスが適用可能であるかどうかを確かめる必要がある。また，本規格の汎用性を考慮した場合，各認証機関においてより簡便に試験ガスを調製できることが望ましい。そこで，有機溶媒を用いた標準ガス発生装置（パーミエーター）を用いた試験ガスの調製を試み，本装置が検知器の評価法に適用可能であるかどうかを確認する。以上の実験データをさらに積み重ねると共に，国内・国際会議を通して規格案の審議を進めIS化を目指す。

5. 謝辞

国内委員会委員の方々には，有益かつ活発な議論を頂いております。TC146/SC6/国内審議団体である建材試験センター，経済産業省基準認証ユニット，ENDO技術開発機構からはWG16の活動に多大な援助や有用なアドバイスを頂きました。産業技術総合研究所伊藤敏雄様には規格案の作成に関連して多大なご協力を頂きました。この場をお借りして皆様に御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) IEC 60079-29-1： Gas detectors - Performance requirements of detectors for flammable gases
- 2) ISO26142： Hydrogen detection apparatus - Stationary applications
- 3) T.Itoh, I.Matsubara, M.Kadosaki, Y.Sakai, W.Shin, N.Izu, and M.Nishibori, Sensors and Materials, 21, 251 (2009) .

プロフィール

松原 一郎（まつばら・いちろう）

（独）産業技術総合研究所
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室
研究企画室長

専門分野：機能性材料

最近の研究テーマ：

有機無機ハイブリッド材料によるVOCセンサ開発、ガスセンサの標準化関連研究、液相法による分散性に優れた金属酸化物ナノ粒子合成方法の開発、ナノ構造制御によるガスセンサの高性能化に関する研究、等

低放射率材料を用いた部材の性能評価方法に関する研究 (その2) 外壁モデルの試験結果

田坂 太一

1. はじめに

既報(その1)¹⁾では、低放射率材料の材料レベルにおける放射率の測定方法を検討すると共に、その測定結果について報告した。本報(その2)では、(その1)で使用した低放射率材料を実大の外壁モデルに施工した場合の遮熱性能²⁾を検討すると共に、(その1)の放射率測定結果の妥当性について検討したので、その結果を報告する。

2. 試験体

試験体は低放射率材料²⁾を施工した外壁モデルで、低放射率材料のみのモデル(試験体No.1)、低放射率材料と断熱材を併用したモデル(試験体No.2)及び比較用の断熱材のみのモデル(試験体No.3)の3種類とした。いずれの試験体も、寸法はW455×H1820mmとした。また、通気層の厚さは18mmとし、上下端は外気に開放した状態とした。試験体No.2及びNo.3の断熱材にはグラスウール10K(厚さ50mm)を用いた。

各試験体の概要を図1に示す。

3. 外壁モデルの遮熱性能の検討

3.1 試験方法

試験体は、図2に示すように、室内外の温度及び外気側の日射熱に相当する照射熱量の条件を再現できる人工気候室の界壁に3体並べて設置し、外気側空気温度30℃、室内側空気温度25℃の条件で試験体各部の温度が安定するまで養生した。その後、室内外を表1に示す温熱環境に設定し、各部の温度及び通過熱量が定常状態になるまで試験を継続した。定常状態に達した時の試験体内外表面温度及び通過熱量を測定し、(1)式より通気層からの排熱を加味した熱抵抗を求めた。また、熱抵抗測定結果

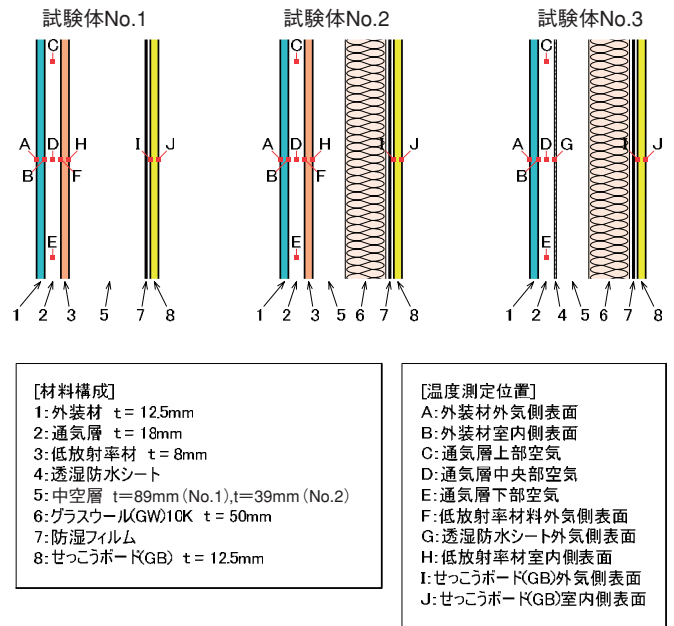


図1 試験体概要及び温度測定位置

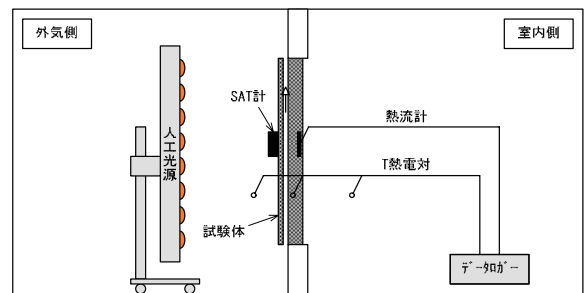


図2 遮熱性能試験装置概要

を基に(2)式より熱貫流率を、(3)式より日射侵入率を算定した。なお、(2)及び(3)式に示すように、熱貫流率及び日射侵入率の算出には内外表面熱伝達率が必要となる。しかし、試験時の外気側表面熱伝達率を実測する

表1 外壁モデルの遮熱性能試験条件

条件	SAT温度 (°C)	外気温度 (°C)	通気層内風速 (m/s)	室内温度 (°C)
a	65	30	成り行き	25
b	80			

表2 熱貫流率及び日射侵入率を算定するための内外表面熱伝達率

位置	総合熱伝達率 [W/(m ² ·K)]
外気側	13.5
室内側	7.7

のは困難であること、また試験時の表面熱伝達率は規格・基準等²⁾で規定されている値とは異なることから、本検討ではISO 13791³⁾で規定される表2に示す値を用いた。

外気条件は、夏期の晴天日の西側壁面（条件a）及び屋根面（条件b）における日射量ピーク時の温熱環境を再現した2条件とした。日射熱に相当する放射熱源は赤外線ランプとし、試験体の外気側表面と同一の位置に設置したSAT計の表面温度（相当外気温）が日射量ピーク時の温度に近似するように赤外線ランプの照射熱量を制御した。

なお、各部の温度はT熱電対、試験体通過熱量は試験体の室内側表面中央部に貼り付けた寸法300×300mmの熱流計で測定した。

$$R = \frac{\theta_{se} - \theta_{si}}{q_{sp}} \dots\dots\dots(1)$$

$$U = \frac{1}{R_{se} + R + R_{si}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{se}} + R + \frac{1}{h_{si}}} \dots\dots\dots(2)$$

$$\eta = \frac{\alpha_s \cdot U}{h_{se}} \dots\dots\dots(3)$$

ここに、

U：試験体の熱貫流率 [W/(m²·K)]

R_{se}：外気側表面熱伝達抵抗 (m²·K/W)

R：試験体の熱抵抗 (m²·K/W)

R_{si}：室内側表面熱伝達抵抗 (m²·K/W)

h_{se}：外気側表面熱伝達率 [W/(m²·K)]

h_{si}：室内側表面熱伝達率 [W/(m²·K)]

θ_{se}：試験体外気側表面温度 (°C)

θ_{si}：試験体室内側表面温度 (°C)

q_{sp}：試験体を通過する熱量 (W/m²)

η：日射侵入率 (-)

α_s：外装材の日射吸収率 (-)

3. 2 試験結果

試験体各部の温度及び通過熱量測定結果を表3及び表4に、各条件における試験体断面温度分布を図3及び図4に示す。

(1) 温度測定結果

各試験体の室内側表面温度を見ると、いずれの条件でも低放射率材料のみのモデル（試験体No.1）と断熱材のみのモデル（試験体No.3）は同程度の値であり、顕著な差は認められなかった。また、試験体No.2は他の試験体に比べ表面温度が低く抑えられており、低放射率材料と断熱材を併用することで遮熱効果は高くなることが確認できた。各試験体の断面温度分布を比較すると、低放射率材料のあるモデル（試験体No.1及びNo.2）は、ないモデル（試験体No.3）に比べ、低放射率材料の外気側表面温度（試験体No.3は透湿防水シートの外気側表面温度）が5～10°C程度低く抑えられている。これは、低放射率材料が外装材からの放射熱を反射し、通気層から排熱しているためである。この位置の温度差は、外装材表面温度が高い条件（条件b）ほど顕著に現れる結果となった。

(2) 熱貫流率及び日射侵入率算定結果

低放射率材料のみのモデル（試験体No.1）と断熱材のみのモデル（試験体No.3）を比較すると、僅かではあるが試験体No.1の方が大きい。しかし、その差は5%未満であり、試験体No.1とNo.3の遮熱性能に顕著な差は認められていない。夏期の日射量ピーク時に限定されるが、本試験に用いた低放射率材料は厚さ50mmのグラスウール10Kと同程度の遮熱性能を有すると言える。また、熱貫流率及び日射侵入率は、試験体No.2のように低放射率材料と断熱材を併用することで、それぞれ単独の場合（試験体No.1及びNo.3）の6割程度に低減される結果となった。

表3 外壁モデルの遮熱性試験結果 (試験条件：a)

条件記号	a		
SAT温度(°C)	65.4		
外気側空気温度(°C)	34.8		
室内側空気温度(°C)	25.1		
試験体番号	No.1	No.2	No.3
外装材外気側表面温度(°C)	55.0	55.4	55.2
外装材室内側表面温度(°C)	50.1	51.0	49.4
通気層空気温度(上部)(°C)	42.1	43.4	50.4
通気層空気温度(中央部)(°C)	38.5	40.5	46.0
通気層空気温度(下部)(°C)	38.2	37.3	38.6
低放射率材料外気側表面温度(°C)	37.6	39.4	-
低放射率材料室内側表面温度(°C)	35.2	37.8	-
透湿防水シート表面温度(°C)	-	-	45.5
GB外気側表面温度(°C)	27.8	26.7	28.3
GB室内側表面温度(°C)	26.6	25.9	26.8
試験体通過熱量(W/m ²)	15.9	8.8	15.2
熱抵抗(m ² ·K/W)	1.79	3.35	1.87
熱貫流率[W/(m ² ·K)]	0.502	0.281	0.482
日射侵入率(-) ^{注3)}	0.026	0.015	0.025

表4 外壁モデルの遮熱性試験結果 (試験条件：b)

条件記号	b		
SAT温度(°C)	79.7		
外気側空気温度(°C)	42.2		
室内側空気温度(°C)	25.0		
試験体番号	No.1	No.2	No.3
外装材外気側表面温度(°C)	66.1	66.5	66.8
外装材室内側表面温度(°C)	59.7	60.8	60.4
通気層空気温度(上部)(°C)	50.4	51.4	61.7
通気層空気温度(中央部)(°C)	45.4	47.3	57.2
通気層空気温度(下部)(°C)	44.8	43.3	47.0
低放射率材料外気側表面温度(°C)	43.9	45.9	-
低放射率材料室内側表面温度(°C)	40.2	43.6	-
透湿防水シート表面温度(°C)	-	-	56.1
GB外気側表面温度(°C)	29.7	27.9	30.7
GB室内側表面温度(°C)	27.9	26.8	28.4
試験体通過熱量(W/m ²)	23.7	12.8	23.0
熱抵抗(m ² ·K/W)	1.61	3.10	1.67
熱貫流率[W/(m ² ·K)]	0.551	0.303	0.534
日射侵入率(-) ^{注3)}	0.029	0.016	0.028

表5 熱コンダクタンスの算定に用いた材料の物性値

種類	厚さ(mm)	熱伝導率[W/(m·K)]	放射率(-)
GW10K	50	0.050 ^{注4)}	0.9 ^{注6)}
低放射率材料	-	-	0.10~0.69 ¹⁾
透湿防水シート	-	^{注5)}	0.9 ^{注6)}
防湿フィルム	-	^{注5)}	0.9 ^{注6)}

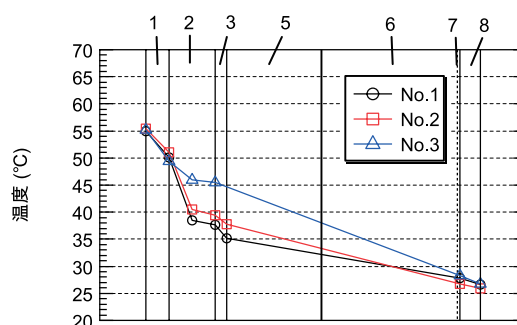


図3 断面温度分布測定結果 (試験条件：a)

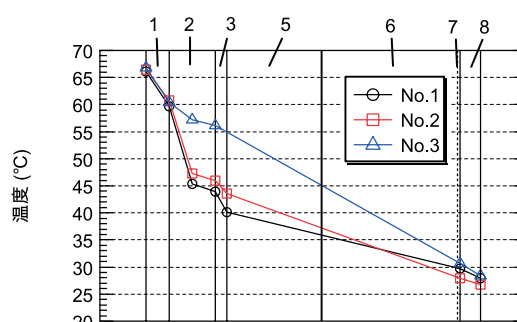


図4 断面温度分布測定結果 (試験条件：b)

4. 放射率測定結果の妥当性の検討

4.1 検討方法

外壁モデルにおける温度及び通過熱量測定結果を基に、各試験体の中空層（試験体No.2及びNo.3は中空層+断熱材）の熱コンダクタンスを(4)式より算出した。また、(その1)で実測した放射率測定結果を基に、JIS R 3107⁴⁾に準じた(5)～(8)式に示す方法で中空層(+断熱材)の熱コンダクタンスを算定した。この2つの算定結果を比較することで、(その1)の放射率測定結果の妥当性を確認した。

計算に用いた各材料の物性値を表5に、計算モデルの概要を図5及び図6に示す。

$$h_{s_air} = \frac{Q}{\theta_1 - \theta_n} \dots\dots\dots (4)$$

$$h_{s_air} = h_r + h_g \dots\dots\dots (5)$$

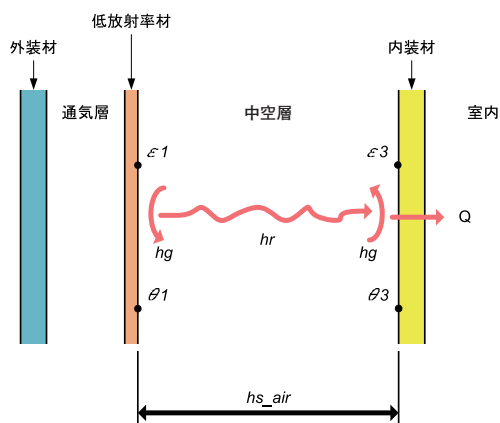


図5 計算モデル概要（試験体No.1の場合）

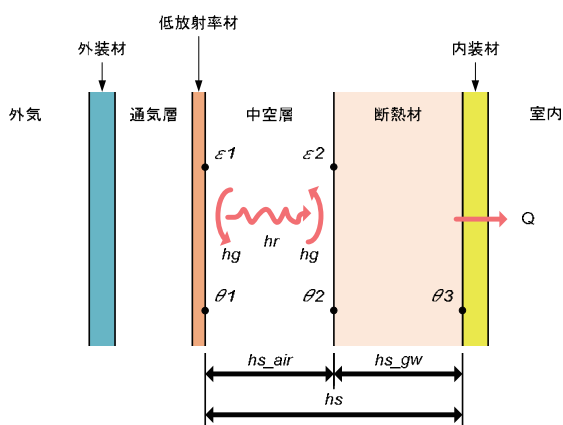


図6 計算モデル概要（試験体No.2の場合）

表6 中空層（+断熱材）の熱コンダクタンス算定結果

条件記号		a		
試験体番号		No.1	No.2	No.3
2.2の実測値から算定した値		2.15	0.79	0.88
(その1)の放射率から算定した値	A ¹⁾ ε=0.21 ¹⁾	2.81	0.69	0.87
	B ¹⁾ ε=0.10 ¹⁾	2.13	0.60	
	C ¹⁾ ε=0.22 ¹⁾	2.88	0.70	
	A' ¹⁾ ε=0.69 ¹⁾	5.61	0.84	

表7 中空層（+断熱材）の熱コンダクタンス算定結果

条件記号		b		
試験体番号		No.1	No.2	No.3
2.2の実測値から算定した値		2.15	0.79	0.88
(その1)の放射率から算定した値	A ¹⁾ ε=0.21 ¹⁾	3.06	0.70	0.88
	B ¹⁾ ε=0.10 ¹⁾	2.36	0.61	
	C ¹⁾ ε=0.22 ¹⁾	3.13	0.71	
	A' ¹⁾ ε=0.69 ¹⁾	5.95	0.84	

h_{s_gw} : グラスウールの熱コンダクタンス [W/(m²・K)]

θ_1 : 低放射率材料の室内側表面温度 (°C)

θ_2 : グラスウールの外気側表面温度 (°C)

θ_3 : 防湿フィルムの外気側表面温度 (°C)

ϵ_1 : 低放射率材料の放射率 (-)

ϵ_n : グラスウール又は防湿フィルムの放射率 (-)

Q : 試験体を通過する熱量 (W/m²)

σ : シュテファン・ボルツマン定数[5.67×10⁸W/(m²・K⁴)]

T_m : 中空層に接する二つの面の絶対温度の平均値(K)

C : 対流効果係数 (-)

λ : 空気熱伝導率[W/(m・K)]

s : 中空層の厚さ(m)

$$\frac{1}{h_s} = \frac{1}{h_{s_air}} + \frac{1}{h_{s_gw}} = \frac{1}{h_r + h_g} + \frac{1}{h_{s_gw}} \dots \dots \dots (6)$$

$$h_r = 4 \cdot \sigma \cdot \left(\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_n} - 1 \right)^{-1} \cdot T_m^3 \dots \dots \dots (7)$$

$$h_g = C \cdot \frac{\lambda}{s} \dots \dots \dots (8)$$

ここに、

h_{s_air} : 中空層の総合熱コンダクタンス [W/(m²・K)]

h_s : 中空層+断熱材の熱コンダクタンス [W/(m²・K)]

h_r : 中空層の放射熱コンダクタンス [W/(m²・K)]

h_g : 中空層の対流熱コンダクタンス [W/(m²・K)]

4. 2 検討結果

2種類の方法で算定した中空層（試験体No.2及びNo.3は中空層+断熱材）の熱コンダクタンス算定結果を表6、表7及び図7に示す。

低放射率材料のある試験体No.1及びNo.2の実験値から算定した値は、放射率から算定した値のA～C（放射率0.10～0.22）と同程度の値となり、外壁モデルでの実験においても、低放射率材料の放射率は0.1～0.2程度の値になることが確認できた。

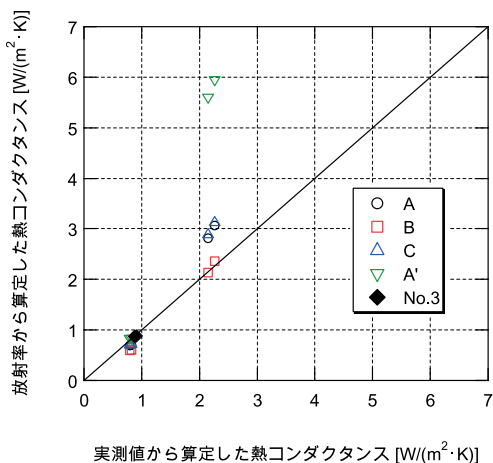


図7 実測値と算定値の熱コンダクタンスの関係

5. まとめ

本報（その2）では、低放射率材料を施工した外壁モデルについて夏期の晴天日を想定した一定の温熱環境下で遮熱性能の試験を行い、実際の施工状態での低放射率材料の遮熱効果を検討した。また、この結果を基に中空層（+断熱材）の熱コンダクタンスを算定することで、（その1）における放射率の測定結果の妥当性を確認した。

なお、遮熱性能には、放射熱の抑制による遮熱効果だけではなく通気層の通気による排熱効果も含まれる。本検討では通気層内の風速は成り行きとしているが、通気層の排熱効果の大小は通気層内の風速に依存する。また、本検討のような遮熱試験はその評価方法が標準化されておらず、試験機関により測定方法や条件は様々である。このため、測定結果を横並びで評価できないのが現状である。このような背景から、現在、当センターでは、建材試験センター規格（JSTM）専門委員会（主査：永田明寛准教授（首都大学東京））を設置し、外壁及び屋根等の遮熱性能の評価方法を検討している。この成果は、

建材試験センター規格「建築用構成材の遮熱性能試験方法」として、来年度には規格化される予定である。

[注釈]

- 注1 現在遮熱性能の明確な定義は無いが、ここで示す遮熱性能とは、外壁、屋根等の夏期の日中における室内への侵入熱量抑制性能を示す。
- 注2 本報で使用した低放射率材料は、既報（その1）で放射率を測定したもので、ポリエチレン系樹脂製気泡シート（気泡緩衝材）の両表面に低放射率のアルミニウム箔が貼られたものである。
- 注3 日射侵入率は外装材の日射吸収率を0.7として求めた。
- 注4 グラスウール10Kの熱伝導率は、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）] 附属書B（保護熱板式熱流計法）に従って測定した値である。測定条件は平均温度25℃、上向き熱流とした。
- 注5 透湿防水シート及び防湿フィルムは、厚さが薄く熱抵抗が小さいため本計算では熱抵抗は無視し、透湿防水シート外気側表面温度＝室内側表面温度、防湿フィルム外気側表面温度＝せっちょうボード外気側表面温度とした。
- 注6 グラスウール10K、透湿防水シート及び防湿フィルムの放射率は0.9と仮定した。

《参考文献》

- 1) 萩原伸治, 田坂太一, 藤本哲夫: 低放射率材料を用いた部材の性能評価方法に関する研究（その1）放射率測定方法の検討, 日本建築学会大会, 2010
- 2) 例えば, 住宅の省エネルギー基準の解説 編集: 次世代省エネルギー基準解説書編集委員会等
- 3) ISO 13791:2004 Thermal performance of buildings - Calculation of internal temperatures of a room in summer without mechanical coolings - General criteria and validation procedures
- 4) JIS R 3107 板ガラス類の熱抵抗及び建築における熱貫流率の算定方法

*執筆者

田坂 太一（たさか・たいち）

（財）建材試験センター中央試験所
環境グループ 主任



たてもの建材探偵団

草加シリーズ (8)

富士浅間神社 (市指定文化財)

今回は、草加市の南端、瀬崎町にある富士浅間神社を紹介します。東武伊勢崎線「谷塚駅」を東へ約100mほどのところに旧日光街道が通っており、この街道に面した小高い場所に富士浅間神社はあります(図1)。創建は明らかではありませんが、新編武蔵風土記稿に「浅間神社村の産神とす。善福寺持」とあり、江戸時代の明暦年間(1655~1657)に現在地に移動したものと記載されています。

この神社は、富士信仰に基づいて富士山を神格化した浅間大神をはじめとする神々を祀っており、江戸時代、富士講が組織され、先達を中心とした信者が一団となって富士山に登ることが多くなったこともあり、当時この地方に繁栄した布晒業者と地元の住民が協力して建てられたといわれています。

鳥居をくぐり階段を10段ほど上がると、拝殿が正面にあり、右手には手水舎¹⁾があります。この手水石には、慶応元年(1865)の銘の入った高低測量凡



写真1 富士塚



写真2 本殿



写真3 拝殿



写真4 神楽殿

号(現在の水準点に該当)が刻印されています。また、本殿裏には溶岩等を積み上げて構築した富士山をかたどった富士塚があります(写真1)。

境内は鎮守の森として親しまれ、浅間神社境内と銘うった浅間庭園は「草加八景」に選ばれています。

本殿：本殿の擬宝珠²⁾には、天保13年(1842)の銘があることから、この頃に再建されたものとされています。本殿は、間口2m32cm、奥行3m60cmの流造りの一間社で前面に軒唐破風、千鳥破風を配し、随所に彫刻が施してあります。昭和51年(1976)11月15日に市指定文化財に指定されました(写真2)。

拝殿：建立年時不詳。切妻造りの平入り、瓦葺で全面に破風³⁾の向拝を構えています(写真3)。

神楽殿：神楽殿としては、市内唯一の遺構とされており、入母屋造りの銅板葺、地下を神輿舎とし、上部を神楽殿としています。旧神楽殿は、大正12年(1923)の関東大震災で倒壊し、昭和3年(1928)に再建されました(写真4)。

- 1) 手水舎：神社で、参拝者が手を洗い口をすすぐための水盤を置く建物。おみずや。
- 2) 擬宝珠：欄干の柱頭などにつける宝珠の飾り。形は葱(ねぎ)の花に似ている。
- 3) 破風：切妻造りやもや造りなどの屋根の妻の三角形の壁面、又はその妻の端に取り付けられる合掌形の板(破風板)。

(文責：品質保証室 柳 啓)

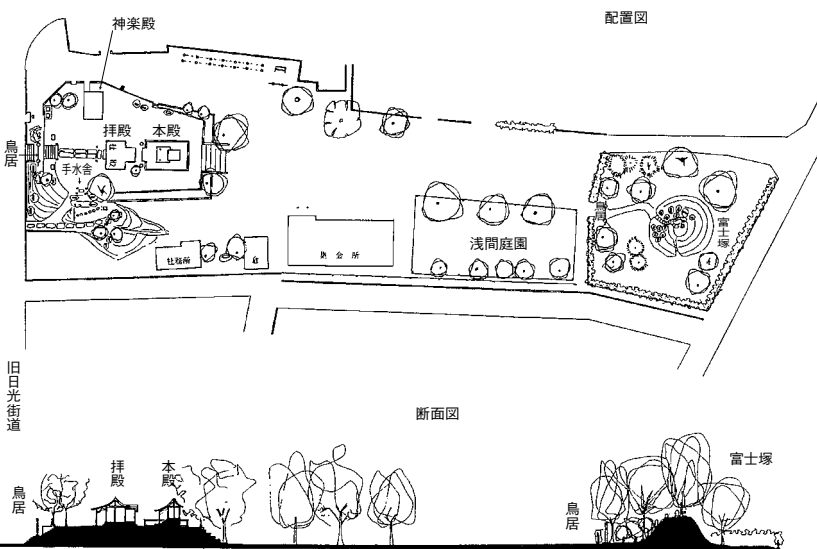


図1 皿のような地形

中国・上海における建築事情の調査報告

宮沢 郁子

はじめに

2010年秋、上海万博が終了した直後の11月3日から6日まで、日本建築仕上学会の海外仕上調査団に参加した。経済が急成長している中国の大都市・上海に増加している超高層建物や、そこで活躍されている日本企業を訪れた。初めて参加したが今回は過去最多の参加者であったとのことで、総勢25名がバスで行動した。本稿ではこの調査の概要を報告する。

1. 上海城市規画展示館

上海に到着後、現地のガイドと合流して、まずは上海城市規画展示館（上海市の都市計画展示館、写真1）を訪れた。

この展示館では、上海の目覚ましい発展を模型や写真パネルで展示しており（写真2）、国内外からの訪問者に広く紹介している。市中心部の模型は、照明によって夜の街の様子も再現され、万博の各国パビリオンも作られていた。また、公共交通や地中の上下水道、電気、ガスの配管等のインフラ全般の開発や、住宅開発の変遷、さらに歴史文化保存地区のマップ等が幅広く展示されている。都市開発のスピードを感じつつ、発展をアピールしたい市政府の思いが感じられた。

2. 蘇州大和ハウスおよび蘇州工業園区展示場

翌日は、上海市の西側に位置する蘇州市へ向かった。途中の高速道路からはのどかな田園風景が見えるが、インターチェンジのある辺りはどこも高層ビルが建設されており、各地の発展に驚かされた（写真3）。

蘇州市ではまず、工業団地を中心とした大規模都市開発地域である蘇州工業園区において、超高層集合住宅を開発・販売している蘇州大和ハウスを訪れた。モデルル



写真1 上海城市規画展示館



写真2 上海市街地の模型



写真3 上海郊外の高層ビル

ームも兼ねたオフィスにおいて、同社が行っている超高層集合住宅の開発・販売について、また、現地の住宅事情について説明を受けた。

開発中の住宅地は7.7万㎡もあるが、中国では中規模程度で、中には5倍の規模のものもある。中国は最近環境保全やエコに注力しており、緑化にも積極的で、また外装の色も役所が判断するため3パターン用意して臨んだとのこと。断熱は外断熱で、サッシはペアガラスである。なお、北京などの寒冷地では樹脂サッシが100%であるものの、中国では樹脂はイメージがあまり良くないとのこと。ホルムアルデヒドの規制は、日本と異なるランク付けがあり最高ランクは日本以上の厳しさだが、そのレベルまで行うことはあまりないようである。

床スラブ厚は中国では一般的に12cmだが15cmにしており、天井高が下がるが遮音性が上がるとのメリットを購入者に説明すると、改めて納得するという（中国では騒音はあまり気にされてこなかった）。なお、天井高は2.8mあるとのこと。

中国ではスケルトン販売が主流だが、ここは内装付きで販売している。中国では、購入後すぐに住み始める必要がない場合が多いことと臭いを飛ばすために、しばらく居住せずその間工事が続くことが多い。しかし、躯体と内装の工事業者が別なので責任が不明確になることや、販売時に設置している必要最低限の衛生設備は無駄になること、さらには長期間の工事により施主のストレスが増すこと等から、内装付き販売も増えているという。

説明を受けた後に、オフィスの屋上から隣接した建設現場を見学した。躯体に発泡ウレタンを吹き付けている様子が見えた。足場板は竹を編んだものである（写真4、5）。

次に、蘇州工業園区展示場を訪れ、開発の全体概要について説明を受けた（写真6）。中国とシンガポールの両政府によるプロジェクトとして1994年から開発され、最初はサイエンスパークとしてスタートした。総面積は288km²で、これはシンガポールの国土の40%程度に相当する。中国の他の地域で行われている開発は、当地の成功例を真似ているという。上海から新幹線で30分、南京からは1時間程度という好立地であり、工場と住宅のほか、商業施設や教育施設の建設も続いている。今後は隣接する湖の周辺にレジャー施設の建設も控えているという。



写真4 蘇州工業園区の建設中の住宅



写真5 外断熱の施工（開口部周り）



写真6 蘇州工業園区展示場：エントランスの電光掲示板



写真7 補修工事中のビル



写真8 YKK蘇州工場：長いカーテンウォール

写真8は、移動の途中で見かけた、補修工事中のビルである。上から下へ進めているようであった。

3. YKK蘇州工場

次に、YKK蘇州工場を訪れた（写真8、9）。中国には、蘇州の他に大連（樹脂サッシ）と深圳（型材押出成形品）に工場がある。蘇州では、進出した当時、現地の部品はくるいが多く使えなかったことからまず部品工場を造り、その後アルミ窓工場とカーテンウォール工場を建設し、現在3つの工場がある。

工場について説明を受けた後、カーテンウォール工場を見学することができた。

カーテンウォールはプロジェクト毎に要望に応じて製造・販売し、日本ほか各国に販売している。スカイツリーの第一・第二展望台や羽田空港国際線旅客ターミナル、東京駅八重洲口開発等のカーテンウォールはここで製造された。カーテンウォールのアルミ製枠は、硬度のばらつきが大きいため全数検査を実施しているという。各国の規格（JIS、GB、CNS、BS、SS、AAMA等）を取得しており、一番厳しい基準に合わせている。なお、中国では試験できず日本でしかできないものは、中国の担当者（偉い方）が来日してチェックするとのこと。中国では2、3年前から環境対策が厳しくなり、工場のVOC塗装の排出規制は日本より厳しい（外資系企業が規制を守らない場合は大問題となる）。

この工場は中国内ではハイエンド住宅用のみ扱っているが、それでも70～80万戸と、日本の新設住宅着工戸数



写真9 YKK蘇州工場：エントランス

に匹敵する。建設市場が過熱しすぎていることから、政府がローンなどで抑えようとしているという。

中国のRC造集合住宅の窓は、基本的に内外ともモルタル・タイル仕上げで水切り付属品がない。東北三省以北は樹脂窓である。中国は40階建てでも壁はブロック造。躯体のコンクリートやレンガは下から施工し、窓や外装材は上から施工する（もし下から施工すると傷が付く可能性が大きい）。カーテンウォールは現場の施工状況（施工精度）に応じて、寸法を調整し製造されている。中国では4層ごとに躯体の寸法を実測し、カーテンウォールの寸法に反映させているという。

1450名いる従業員のうち、日本人はわずか8名とのことである。また、工場内は若い労働者が多く、3つの工場の工場長も32歳から40歳ということであった。



写真10 上海環球金融中心(右)：見上げたところ



写真11 上海環球金融中心：右端の最も高いビル

4. 上海環球金融中心

上海を紹介する映像にはテレビ塔と並び必ず登場する上海環球金融中心（Shanghai World Financial Center）。森ビルが開発したこの超高層ビルを訪れた（写真10、11）。

最初に、53階にある特別展示室で、模型や写真パネル等を基にビルの特徴やこの地区の開発などについて説明を受けた。この展示室はVIPや市政府への説明等にも使われるとのことである。

高さ492mのビルで2008年5月に竣工、8月に全施設がオープンし、ギネス・ワールドレコード社に世界最高層展望台（474m、100階）と世界最高層ホテル（79～93階）が認定された。地下2階から地上3階には商業施設が、7～77階にはオフィスが入る。100階の展望台には、上海



写真12 地上100階からの景色（手前はジンマオタワー）

万博期間は1日に1万5千人が来場し、入るまで1～2時間待ちだったという。

90階にランドマークタワーと同じ制震装置が2基あり、耐風圧は日本と同程度。エレベーターはダブルデッキタイプを採用している。コスト削減のため、ビル建設のための資材や建設業者は中国国内で手配し、重要な装置類は日本製のものが使用されているという。

このビルが建つエリアは現在も開発が進められており、上海環球金融中心と、隣接するジンマオタワー（金茂大厦、420.5m）、並びに現在建設中である上海中心（632mとなる予定）の超高層ビル3棟を、200m級のビルが囲み、さらにその周りを100mクラスのビルが囲む形で計画されている。このエリアは、古くからの市街地と川を挟んで反対側になり不便なため、移るのを嫌がる企業が多い中、政府は税を下げるなどして移転を推奨している。上海の街の変遷を航空写真で比較して見ることができるが、その発展の様子に改めて驚くばかりであった。

その後、地上100階の展望台に上がり、はるか下にある街並みを足元の強化ガラスを通して見たり、400mを超えるビルを見下ろしたりと、なかなか味わえない経験ができた（写真12）。



写真13 静安寺総合ビル全景



写真15 中遠両港城:遠景



写真14 カーテンウォールの施工箇所



写真16 中遠両港城の一区画

5. 超高層集合住宅の建設現場と住宅群

日本ビソアの現地法人、上海美装が外装工事を行っている超高層集合住宅の建設現場を訪れた。264m、61階建ての静安寺総合ビルで、30階まで施工されていた。筆者は上層階に上がらなかったが、建物周囲から見学し説明を受けた(写真13)。

工事は上海第一のゼネコン「上海建工」が施工してお

り、20日で4層ずつ進行している。カーテンウォール等の運搬に使用されるゴンドラは、21階部分から4本のワイヤーで吊られていた。ワイヤーが固定されている片持梁形式の支持部材は溶接接合されているようで、日本の感覚では心許なく感じた。ゴンドラは、傾斜を感知するとワイヤーを掴んで水平を保つ機能が作動するタイプで、これはゼネコンではなくカーテンウォールメーカーのもの。カーテンウォールは組立前の状態で設置階まで上げ、壁面で組み立てる方式である(写真14)。なお、中国であつという間に日本ビソアのウインチが真似られたとの話であった。コンクリートは現場練りで下からピストンで上げている様子であり、溶接も現場で行っている。

蘇州工業園区の大和ハウスもそうであったが、建物の設計は意匠設計、構造設計、設備設計、内装設計と細分化されている。



写真17 テレビ塔の掃除風景



写真19 建設中の高層住宅群



写真18 空調機の配管が多数伸びている

次に、超高層集合住宅の開発の様子を一目で見渡せる場所へ移動した。蘇州江に沿って、敷地160万㎡に1998年から数期にわたって超高層集住が開発された中遠両湾城というエリアである。なお、「城」とはニュータウンのこと（写真15、16）。

外装の流行・人気には変遷があるようで、順に①コンクリート＋塗装（グレードが低く見えた）②タイル（落下が発生した）③ガラス（空調負荷が大きい）④アルミ（同左）⑤石張り（落下が発生した）⑥塗装に戻った（以前のものより良い）とのこと。このエリアでも変遷を見ることができた。なお、中国人は見栄えを大事にするため、高級感のあるエントランスや擬石調の外装が人気だという。

おわりに

今回の調査は、個人ではなかなか訪れることができない場所において直接担当者に説明いただきながら見ることができた。圧倒的なスピードで発展し続ける中国を最先端の都市、上海において感じることができ、大変有意義であった。

また、様々な光景も見ることができた。テレビ塔の球体展望台部分を、ロープで吊られた何人もの人がデッキブラシのようなもので掃除している光景に出会った（写真17）。街なかにはピカピカの建物や道路ばかりであったが、高架の高速道路から見下ろすと壁に囲まれた古い住宅が見えることがあった。壁で隠していたのだろうか。また、外壁から空調機器の配管が無造作に出ている集合住宅は、何か不具合が生じはしないかと不安を感じたりもした（写真18）。

帰国して数日後、近くを通った高層集合住宅で、改修工事中に火災が発生し居住者に死傷者が出る大事故があった。その後中国では高層階の住戸が敬遠されているようだが、今後はどうなるであろうか。あちらこちらで高層住宅の建設現場を見たこともあり（写真19）、気になる場所である。

* 執筆者

宮沢 郁子（みやざわ・いくこ）

（財）建材試験センター
経営企画部企画課 係長



建築用シーリング材の性能試験

(受付第10A3179号)

この欄で掲載する報告書は依頼者の了解を得たものです。

1. 試験の内容

コニシ株式会社から提出された建築用シーリング材「ボンドMSシール」について、以下に示す項目の試験を行った。

- (1) スランプ
- (2) 弾性復元性
- (3) 引張特性
- (4) 定伸長下での接着性
- (5) 圧縮加熱及び引張冷却後の接着性
- (6) 水浸せき後の定伸長下での接着性
- (7) 体積損失
- (8) 耐久性

2. 試料

試料の概要を表1に示す。

なお、呼び方は、JIS A 5758：2010（建築用シーリング材）の規定による。

3. 試験方法

JIS A 5758：2010に従って、試験体の作製及び試験を行った。

なお、適用する目地幅の条件及び被着体の種類は表2に示すとおりとした。

4. 試験結果

- (1) 試験結果一覧を表3に示す。
- (2) 各試験結果の詳細を表4～表11に示す。

表1 試料

		商品名	ボンドMSシール
シーリング材	種類	タイプ	F
		クラス	25
		サブクラス	LM
	主成分による区分	変成シリコン系（記号：MS）	
	製品形態による区分	2成分形（記号：2）	
	耐久性による区分	9030	
	呼び方	F-25LM-9030（MS-2）	
	色	グレー	
	ロット番号	基剤	100713GA
		硬化剤	100714JB
質量配合比	基剤:硬化剤:カラーマスター=100:8:3.6		
数量	基剤	4Lセット	
	硬化剤		
	カラーマスター		
プライマー	商品名	ボンドシールプライマー #9	
	ロット番号	101129BA	
	数量	500g	
	塗布方法	刷毛塗り	
	オープンタイム	30分	
	被着体	アルミニウム板 モルタル板	

表2 目地幅の条件

試験項目		目地幅の条件	被着体の種類
弾性復元性		伸び率：100% 伸長時の目地幅：24.0mm	アルミニウム板
引張特性		応力測定時の伸び率：100%	アルミニウム板 モルタル板
定伸長下での接着性		伸び率：100% 伸長時の目地幅：24.0mm	アルミニウム板 モルタル板
圧縮加熱及び引張冷却後の接着性		拡大・縮小率：±25% 拡大時の目地幅：15.0mm 縮小時の目地幅：9.0mm	アルミニウム板 モルタル板
水浸せき後の定伸長下での接着性		伸び率：100% 伸長時の目地幅：24.0mm	アルミニウム板 モルタル板
耐久性 (区分:9030)	圧縮加熱	加熱温度：90℃ 変形率：-30%	アルミニウム板
	引張冷却	冷却温度：-10℃ 変形率：+30%	
	目地幅の拡大・縮小	目地幅：8.4mm～15.6mm 変形率：(-30～+30)% 回数：2000回	

表3 試験結果一覧

試験項目				試験結果	JIS A 5758に規定される性能 [F-25LM]
スランブ mm	縦	50℃		0	3以下
		5℃		0	
	横	50℃		0	
		5℃		0	
弾 性 復 元 性 %				95	70以上
引張特性	引張応力 N/mm ²	アルミニウム板	23℃	0.2	23℃ : 0.4以下 -20℃ : 0.6以下
			-20℃	0.2	
		モルタル板	23℃	0.2	
			-20℃	0.2	
定伸長下での接着性		アルミニウム板	23℃	3個とも破壊は生じなかった。	破壊してはならない。
			-20℃	3個とも破壊は生じなかった。	
		モルタル板	23℃	3個とも破壊は生じなかった。	
			-20℃	3個とも破壊は生じなかった。	
圧縮加熱及び引張冷却後の接着性		アルミニウム板	3個とも破壊は生じなかった。	破壊してはならない。	
		モルタル板	3個とも破壊は生じなかった。		
水浸せき後の定伸長下での接着性		アルミニウム板	3個とも破壊は生じなかった。	破壊してはならない。	
		モルタル板	3個とも破壊は生じなかった。		
体 積 損 失 %				2	10以下
耐久性 (区分: 9030)		アルミニウム板		3個とも試料の溶解、膨潤、ひび割れ、被着体からはく離などの明確な異常は認められなかった。	明確な異常があってはならない。

表4 スランブ試験結果

試験項目			スランブ mm			
			1	2	3	平均
スランブ	縦	50℃	0.0	0.0	0.0	0.0
		5℃	0.0	0.0	0.0	0.0
	横	50℃	0.0	0.0	0.0	0.0
		5℃	0.0	0.0	0.0	0.0

表5 弾性復元性試験結果

試験項目	弾性復元性 %			
	1	2	3	平均
弾性復元性	95	95	95	95

表6 引張特性試験結果

試験項目		試験温度	引張応力 N/mm ²			
			1	2	3	平均
引張特性	アルミニウム板	23℃	0.2	0.2	0.2	0.2
		-20℃	0.2	0.2	0.2	0.2
	モルタル板	23℃	0.2	0.2	0.2	0.2
		-20℃	0.2	0.2	0.2	0.2

表7 定伸長下での接着性試験結果

試験項目		試験温度	外観観察結果
定伸長下での接着性	アルミニウム板	23℃	3個とも破壊は生じなかった
		-20℃	3個とも破壊は生じなかった
	モルタル板	23℃	3個とも破壊は生じなかった
		-20℃	3個とも破壊は生じなかった

表8 圧縮加熱・引張冷却後の接着性試験結果

試験項目		外観観察結果
圧縮加熱及び引張冷却後の接着性	アルミニウム板	3個とも破壊は生じなかった
	モルタル板	3個とも破壊は生じなかった

表9 水浸せき後の定伸長下での接着性試験結果

試験項目		外観観察結果
水浸せき後の定伸長下での接着性	アルミニウム板	3個とも破壊は生じなかった
	モルタル板	3個とも破壊は生じなかった

表10 体積損失試験結果

試験項目	体積損失%			
	1	2	3	平均
体積損失	1.7	1.7	1.7	1.7

コメント・・・・・・・・・・

建物には、外壁の継ぎ目や開口部の周囲に多くの目地部があり、これらの目地部は雨水等の浸入経路になる場合があります。漏水から建物を保護するためには、目地部分に対して適切に建築用シーリング材を施工し、雨水等の浸入を防止することが重要となります。

建築用シーリング材には、シーリングジョイント構法など建築現場での直接施工に使用される不定形シーリング材とガasket構法などに使用される工場成型の定型シーリング材の2種類があります。建築用シーリング材に求められる性能は、水密性の他に、気密性・目地の動きの追従性・長期耐久性などが求められます。建築用シーリング材のJISでは、用途（グレイジング用か否か）、目地幅に対する拡大及び縮小の比率、引張応力、弾性復元性、主成分・製品形態、耐久性の各区分が決められています。また、建築工事標準仕様書JASS8防水工事（日本建築学会）では構法・部位・構成材とシーリング材の適切な組み合わせにより、適材適所表で対象部位等が決められています。

表11 耐久性試験結果

試験項目	外観観察結果
耐久性 (区分：9030)	3個とも試料の溶解、膨潤、ひび割れ、被着体からはく離などの明確な異常は認められなかった。

5. 試験の期間、担当者及び場所

期 間 平成22年12月16日から
平成23年 2月19日まで

担 当 者 材料グループ
統括リーダー 真野 孝次
試験責任者 大島 明
試験実施者 清水 市郎

場 所 中央試験所

今回試験を行った建築用シーリング材は、JISにおいて、2成分形変成シリコン系に分類され、F-25LM-9030の性能区分を満足しています。本シーリング材は主に、鉄筋コンクリートの窓枠等の目地、金属カーテンウォールの目地、その他建築部位の目地に用いられ、建物の水密性・気密性を確保します。なお、建築用シーリング材が、所定の性能を発揮するためには、適切な設計・施工・維持管理が重要となります。これらの点を十分考慮した適切な運用をこころがけていただければ幸いです。

当センターでは、建築用シーリング材について、JISや関連規格、仕様に準拠した性能試験を行っており、依頼者のご要望に対応しています。



(文責：中央試験所 材料グループ 清水市郎)

JIS A 5406 (建築用コンクリートブロック) の改正について

1. はじめに

建築用コンクリートブロックは、主に建築物に用いられ、配筋用の空洞があり、コンクリートを打ち込むよりも簡易で経済的に製造・施工ができるうえ不燃性があることから、一般に広く普及している製品である。

日本で最初にコンクリートブロックが作られたのは明治時代であるが、量産されるようになったのは第二次世界大戦後のことである。戦災都市の復興のための優れた資材としてとりあげられ、アメリカから製造機を輸入し、ブロックの大量生産が始まった。このような情勢のもと、建築物に使用するブロックの規格が必要とされ、1952年にJIS A 5406 (空洞コンクリートブロック) が制定された。

JIS制定後補強コンクリートブロック造は繁栄期に入り、JIS A 5406は、建築生産技術の進歩、社会情勢の変化に応じて2005年までに11回にわたって改正されてきた。なお、JISの名称については、1994年の改正時に現在の「建築用コンクリートブロック」に変更された。

今回、建築基準法の関連告示、資源循環型社会等に適應すべく2010年10月20日に12回目の改正が行われた。ここでは、改正の概要について紹介する。

2. 改正の概要

建築用コンクリートブロックは空洞ブロック及び型枠状ブロックの2種類 (図1参照) に区分される。以下に改正のポイントを解説する。

(1) 外部形状による種類の変更 [空洞ブロック]

空洞ブロックでは、改定前、基本形ブロック及び異形ブロックの2種類に分類されていたが、異形ブロックに分類されていた横筋用の使用量が多いことから、新たに「基本形横筋用ブロック」が規定され、基本形ブロック、基本形

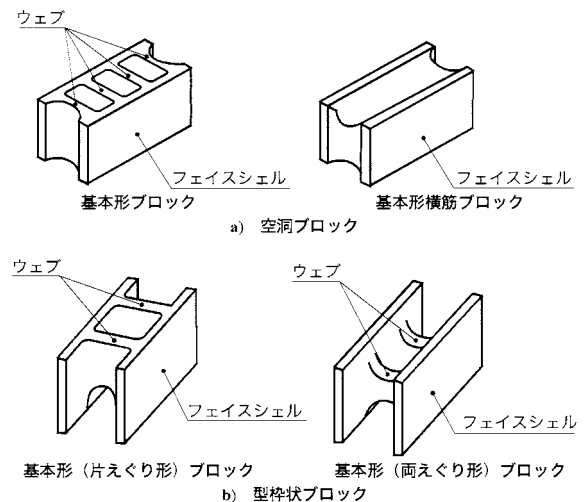


図1 ブロックの断面形状の例

表1 型枠状ブロックの正味厚さ

正味厚さ mm	寸法許容差 mm	
	普通精度ブロック	高精度ブロック
140,150,180,190,200, 210,220,225,240,250, 270,280,300	±2.0	±1.0

横筋用ブロック及び異形ブロックの3種類に分類された。また、基本形横筋用ブロックだけで組積した場合、接着力の低下が懸念されることから、縦目地空洞部だけでなくすべての横目地空洞部にも、モルタルや充填材を隙間なく充填し、横筋に対するかぶり厚さ及びウェブの接着を確実にすることを前提として改正された。

(2) 正味厚さの種類追加 [型枠状ブロック]

型枠状ブロックでは、市場の動向を踏まえ、従来の正味厚さの種類に加え210mm、220mm、240mm、270mm及び280mm (表1参照) を追加して、設計における自由度の向上が図られた。

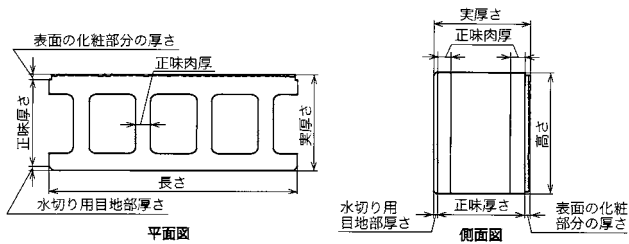


図2 空洞ブロックの正味肉厚等の例

表2 容積空洞率

断面形状による区分	正味厚さ mm	容積空洞率 %
空洞ブロック	100,110,120,130	25~45
	140,150,190	35~50
型枠状ブロック	140,150,180,190,200, 210,220,225,240,250, 270,280,300	50~70

(3) 建築基準法及び関連告示への対応 [空洞ブロック]

従来の規格では、正味肉厚の厚さの範囲を規定していたが、建築基準法関連告示である「耐火構造の構造方法を定める件」(平成12年5月30日建設省告示第1399号の平成16年9月29日国土交通省告示1177号による改正)及び「遮音性能を持つ長屋又は共同住宅の界壁の構造方法を定める件」(昭和45年12月28日建設省告示第1827号の平成16年9月29日国土交通省告示第1170号による改正)との整合をとるために、正味肉厚(図2参照)の最小値のみが規定された。

(4) 容積空洞率の規定 [空洞ブロック]

容積空洞率の規定(表2参照)は、空洞ブロックのコンクリート部分の強度確保を目的として新たに設けられた。

(5) 透水性能の改定 [型枠状ブロック]

型枠状ブロックの透水性能の規定値を、「鉄筋コンクリート組積造の建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上必要な基準を定める件」(平成15年4月28日国土交通省告示463号)との整合をとるため、空洞ブロックと型枠状ブロックの規定を分けることとした。空洞ブロックの透水性は従来どおり $300\text{mL}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 以下とし、型枠状ブロックの透水性が $200\text{mL}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 以下として新たに規定された。

(6) 再生資源の有効利用 [エコセメントの適用範囲拡大及び再生骨材の使用の明記]

- ・エコセメントを使用する場合は、防せい(錆)の観点から普通エコセメントに限定し、使用実績、既往の研究成果などを踏まえ、その適用範囲を拡大し、圧縮強さを表す記号が08、12、16及び20(型枠状ブロックを含む)のブロックに限り使用できるようになった。
- ・再生骨材については、建物の部材及び構造物への使用を想定しているJIS A 5021(コンクリート用再生骨材H)及びJIS A 5022(コンクリート用再生骨材M)の附属書Aに規定する骨材及びJIS A 5406に規定するブロックを原料として破砕などの処理によって製造したものに限定した。また、圧縮強さを表す記号が08、12及び16のブロックに限り使用できることとし、加えて耐久性等を確保するため、セメントの最小使用量をブロックの正味体積に対し、 $220\text{kg}/\text{m}^3$ 以上でなければならないと規定された。さらに、再生骨材を使用したブロックには実績が少ないため、試験記録などによって製品の性能を損なわないことを確認するとともに、購入者から要求があった場合にはその試験記録などを提示するような規定を設け、消費者の保護を図り、また再生骨材を使用した場合は、その種類及び混合率を表示することが規定された。
- ・製品にエコセメントや再生骨材を使用した場合の表示方法は、圧縮強さを表す記号に下線を記して表記することとした。

(7) 圧縮強度強さの種類追加

製造技術の進歩により、高強度のブロックの製造が可能になったことを受け、空洞ブロックでは圧縮強さを表す記号35及び40、型枠状ブロックでは圧縮強さを表す記号45の高強度のブロックが新たに追加された。

(8) その他

規格内の整合性を図り、規格が適正に運用されるように以下の項目についても追加及び見直しが行われた。

- ・用語及び定義に関する条項が設けられた。
- ・性能の規定を適正に運用するため、試験方法が明確に規定された。
- ・製品の寸法に対する許容差が明確にされた。
- ・図及び表の曖昧さの解消が図られた。

3. 試験方法の追加及び改定

今回の改定では、性能の規定を適正に運用するために試験方法の追加及び改定が行われた。

(1) 圧縮強さ試験

- ・試験体の加圧面の加工は、JIS A 1132（コンクリート強度試験用供試体の作り方）附属書2 供試体のキャッピング方法に準じてよいとし、加圧面の凹凸による誤差を排除するように規定された。
- ・圧縮強さを表す記号20, 25, 30, 35, 40及び45の圧縮強さ試験に用いる試験体は、JIS A 1107（コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法）に準じた角柱供試体とし、その高さと同加圧面の短辺の比を1.90～2.10と規定された。
- ・試験時の載荷速度は、毎秒0.2～0.3 N/mm²と規定された。

(2) 吸水率試験

質量の測定手順を統一するため、表乾状態を求めてから絶乾質量を求めるよう規定された。

(3) 気乾かさ密度試験

- ・ブロックの絶乾密度と気乾かさ密度の関係は、実験的に高い相関性が認められているので、絶乾密度と気乾かさ密度の関係から求めた値を試験体の気乾かさ密度とすることができるようになった。
- ・正味体積は、気乾かさ密度に用いた試験体と同一の条件で製造したブロックの試験結果を用いることができるようになった。

(4) フェイスシェル吸水層の厚さ試験

フェイスシェルの肉厚の薄い面（正味肉厚を示す面）を試験面とし、化粧がある場合はその部分を除去して試験することとなった。

(5) 正味体積試験

新たに正味体積を求める方法として以下の2通りの方法が規定された。

- ・有効外部形状体積から端部の空洞を含む空洞部に標準砂

表3 正味肉厚の測定位置及び測定数

測定項目	測定数	測定位置
フェイスシェル	6か所	長さ方向の両端部及び中心部の肉厚のうち最小のもの。ただし、打込み目地用型枠状ブロックの打込み目地部分は除く。
ウェブ	ウェブの数	厚さ方向の中心部の肉厚のうち最小のもの

- を詰めて求めた空洞部の体積を減じる方法
- ・表乾質量と水中重量の差から求める方法

(6) 寸法測定

正味肉厚の測定位置及び測定数（表3参照）が追加された。

(7) モジュール呼び寸法の長さに対するウェブ厚率試験

新たにモジュール呼び寸法の長さに対するウェブ厚率（ウェブの厚さをモジュール呼び寸法の長さで除して求めた百分率の値を四捨五入して整数に丸めたもの）を求める試験が規定された。

(8) モジュール呼び寸法の高さに対するウェブ高さの比試験

新たにモジュール呼び寸法の高さに対するウェブ高さの比（ウェブにおける厚さ方向の中心部の高さの最大値をモジュール呼び寸法の高さで除して求めた値を四捨五入して小数点以下2けたに丸めたもの）を求める試験方法が規定された。

(9) 容積空洞率試験

今まで曖昧だった容積空洞率を求める方法が新たに規定された。

有効外部形状体積（試験体の長さ×高さ×正味厚さ）から正味体積（正味体積試験で求めたもの）減じて求めた空洞部の体積を、有効外部形状体積で除して、求められた値の百分率を四捨五入して整数に丸めたものとした。

(10) 鉄筋を挿入する空洞部の寸法測定

新たに鉄筋を挿入する空洞部の寸法（表4参照）に関する測定方法を規定した。縦筋を挿入する空洞部の断面につ

表4 鉄筋を挿入する空洞部の寸法

単位mm

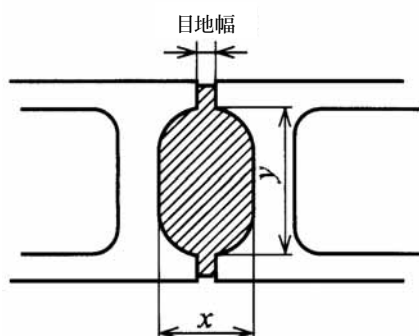
断面形状 による区分	正味厚さ	縦筋を挿入する空洞部 ^{*1}		横筋を挿入する空洞部			
		断面積 ^{*2} cm ²	最小幅 ^{*3}	最小径	最小深さ	曲率半径	
空洞ブロック	100	30以上	50以上	50以上	40以上	—	
	110	35以上					
	120	42以上	60以上	60以上	50以上		
	130	45以上					
	140	54以上	70以上	85以上 (70以上)	70以上		42以上 (35以上)
	150	60以上					
190							
型枠状ブロック	—	—	70以上	—	—	—	

注記 括弧内の数値は、化粧ブロックに適用する。

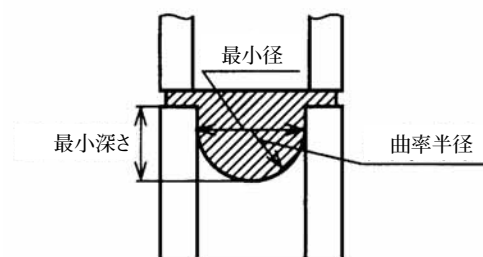
*1 複数のブロックの組積によってできる空洞部(目地とも)を含む。

*2 a)に示すxとyの積とする。

*3 a)に示すx及びyのうち、小さい方の値とする。



a) 縦筋を挿入する空洞部



b) 横筋を挿入する空洞部

いて曲率を考慮しない見なし面積とすることによって測定
の簡素化が図られた。

ただし、コンクリートブロック造における縦筋の重要性
を認識し、この改正を製品製造上、有利に解釈してはいけ
ないとしている。

なお、正味厚さ100~130mmの空洞ブロックにおいて、横
筋を挿入する空洞部の曲率半径に規定がないのは、円弧状
とすると鉄筋に対するかぶり厚さの確保が困難になるため
であり、この部分の形状は、横筋に対する適切なかぶり厚
さを確保できるものとしなければならないと規定された。

(11) 外観

目視によって試験したときに、定量化のできない色むら、

仕上げむらなどの規定が削除された。

4. おわりに

JIS A 5406 (建築用コンクリートブロック) に関する改
正の概要について紹介した。今回の改正では、関係法令と
の整合化及び資源の循環利用への対応を主目的として規格
全体にわたり改正及び追加が行われている。ブロックの試
験や社内規格の見直し等、当該JISの運用にあたっては、内
容を十分確認の上、活用していただきたい。

(文責：中央試験所材料グループ 室星しおり)

業務案内

あと施工アンカーの 引張試験

中央試験所

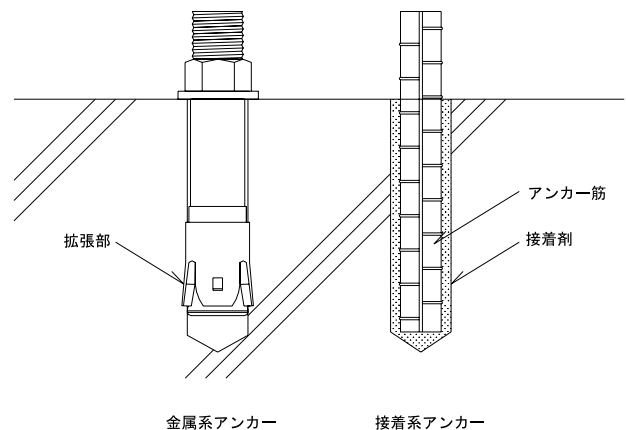
1. はじめに

あと施工アンカー（以下、アンカーという）は、コンクリート構造物に用いられる固定具の一種であり、所定の強度に達したコンクリート躯体又は既存コンクリート躯体の任意の部位にあと施工できることから、建築設備類の固定や耐震補強部材の固定など、様々な用途に利用されています。

アンカーの種類は、図1に示すようにアンカーに打撃力を加えて、先端部を拡張させ、くさび効果により抵抗する「金属系アンカー」と、アンカー筋（異形鉄筋及び全ねじボルト）とコンクリートとの間に注入した接着剤の付着力により抵抗させる「接着系アンカー」の大きく2種類に大別できます。コンクリートへの定着手段は異なりますが、果たす役割は同様です。アンカーには、固定物の荷重や地震時における固定物の慣性力により、引張力及びせん断力が作用します。これらの応力に対して、アンカーは安全に機能しなければなりません。

アンカーの運用にあたり、「耐震改修設計指針・同解説¹⁾」や「建築設備耐震設計・施工指針²⁾」などの各種設計指針では、アンカーの構造性能をベースとする設計手法が示されていることから、アンカーの構造性能として引張耐力及びせん断耐力を正確に把握することが重要となります。

アンカーの構造性能は実験検証データに基づいて決められています。検証法については、(社)日本建築あと施工アンカー協会の「あと施工アンカー標準試験方法³⁾」が最もポピュラーな方法として運用されています。当センター構造グループでは、同試験方法に基づき、アンカーの引張及びせん断試験を実施し、アンカーの構造性能に関する試験証明を行っています。今回は、同試験方法のうち、「あと施工アンカーの引張試験」について紹介します。



金属系アンカー 接着系アンカー

図1 あと施工アンカー

2. コンクリート強度の重要性について

アンカーの構造性能に影響を及ぼす主要因には、①コンクリート強度、②アンカー本体の機械的性質、③埋め込み深さ、④施工性があります。このうち、②及び③については、製品ごとに仕様が特定されているのでこれらの要因に関する性能の変動は比較的小さいといえます。④については、施工者の技術力や施工場所（天井や壁への施工は比較的難しい）によってアンカーの性能に影響を及ぼす度合いが変化すると考えられるため、(社)日本建築あと施工アンカー協会が定める有資格者など、製品についての十分な知識を持ち、訓練された施工技術を持った者が実施することが求められます。

一方、①については、建物ごとによって又は同一の建物でも部位によって異なるため、アンカーの性能に最も大きな影響を及ぼすといえます。また、文献¹⁾ではアンカーの引張耐力に関する推定式が示されており、(1)～(4)式のように、破壊性状別に、鋼材の耐力で決まる耐力 (T_{a1})、コンクリートのコーン状破壊で決まる耐力 (T_{a2})、接着系アンカーではさらに付着力で決まる耐力 (T_{a3}) を算出し、これらの最小値がアンカー1本当たりの負担できる最大引張耐力 (T_a) となっています。これらの推定式から分かるように、アンカーの引張耐力はコンクリート強度に応じて変化することから、コンクリート強度に応じたアンカーの性能を明らかにしておく必要があります。

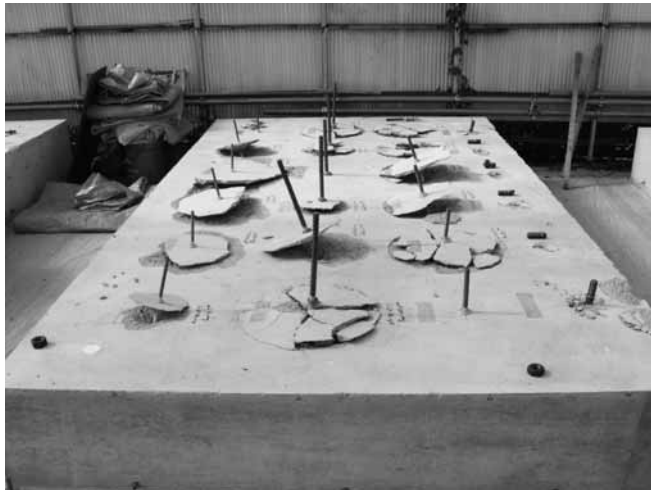


写真1 母材コンクリート

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3}) \dots \dots \dots (1)$$

$$T_{a1} = \min(m\sigma_y \cdot a_e, \sigma_y \cdot a_o) \dots \dots \dots (2)$$

$$T_{a2} = 0.75 \sqrt{\sigma_B} \cdot \pi \cdot l_e \cdot (l_e + d_a) \dots \dots \dots (3)$$

$$T_{a3} = \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e \text{ ただし, } \tau_a = \sqrt{\sigma_B} / 210 \dots \dots \dots (4)$$

- ここで、 $m\sigma_y$ ：金属系アンカー本体の降伏点強度 (kg/cm²)
 σ_y ：鉄筋の規格降伏点強度 (kg/cm²)
 σ_B ：コンクリートの圧縮強度 (kg/cm²)
 a_e ：金属系アンカーの本体各部の最小断面積 (cm²)
 a_o ：アンカー筋の公称断面積
 l_e ：アンカーの有効埋め込み深さ
 d_a ：アンカー軸部の直径、接着系アンカーではアンカー筋の呼び名、金属系アンカーでは本体の直径
 τ_a ：接着系アンカーの引抜き力に対する付着強度 (kg/cm²)

3. 試験に用いる母材コンクリート

試験における母材コンクリート（以下、母材という。）では、アンカーの引張耐力や破壊性状に影響を及ぼす母材圧縮強度の把握が重要であるとともに、アンカー施工時の衝撃や引張力の反力として生じる曲げモーメントによって母材が破壊しないよう十分な寸法を確保しなければなりません。

母材の圧縮強度については、標準試験方法³⁾において、16～24N/mm²、24～30N/mm²、30～40N/mm²程度の3水準の範囲

表1 試験装置

種類	名称	仕様
加力装置	センターホール型油圧ジャッキ	容量：326kN,575kN及び1200kN
	支持板	内法直径：270 ,330 ,390 , 450 ,510 ,625
測定装置	センターホール型ロードセル	容量：50kN,100kN,200kN,500kN 及び1000kN
	変位計	容量：50、感度：200×10 ⁻⁶ /mm 非直線性:0.1%RO
	データロガー	荷重及び変位測定用

内で試験を行うことが求められています。当センターでは、母材打設と同時採取したテストピースにより数日ごとに圧縮強度の確認を行っているため、目標強度範囲内で確実に試験を実施することができます。

母材寸法は、写真1に示すよう敷地内に最大2000×3500×400mmの母材を4体まで一度に打設することができ、同一の圧縮強度で数多くの試験実施を可能としています。なお、同寸法の母材では、直径約25mmまでのアンカーについて母材の割れを生じることなく、アンカーの引張耐力を正確に把握することができます。

4. 引張試験方法

試験装置の仕様を表1に、試験方法例を写真2に示します。

試験には、写真2に示すとおり、アンカーに引張荷重を加える加力装置と荷重及びアンカーの軸方向変位を計る測定装置を使用します。

加力装置は、センターホール型油圧ジャッキ、球座、テンションバー及び支持板から構成されます。試験を効率的に実施することを目的として、テンションバー下端には加力用ボックスを取付け、ボックス内部にて鉄筋をチャックすることで、母材上面からチャック位置までの距離を短くしています。これにより、鉄筋全体の伸び変形を小さくすることができるため、油圧ジャッキのストロークの盛り替えをすることなく、アンカーの軸方向に対して破壊まで連続して引張荷重を加えることを可能としています。支持板は、その設置位置がアンカーに近いとコーン状破壊を押さえ込み、実際より高い強度を示す危険があるため、その内法間隔は、図2に示すようにコーン破壊強度に影響を及ぼさない範囲（金属系アンカー；3.5 l_e 、接着系アンカー；

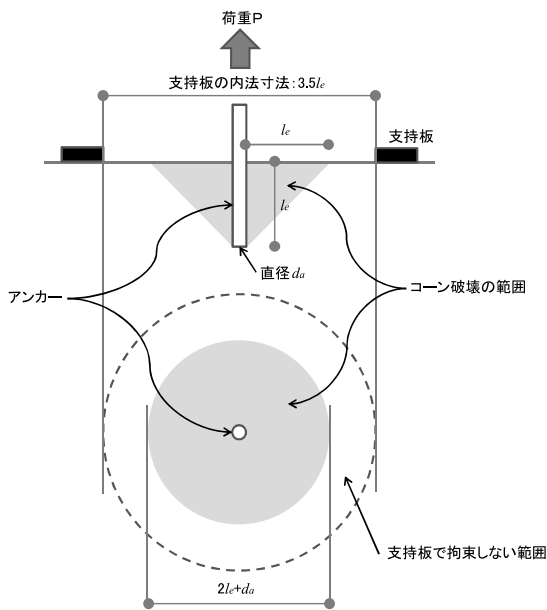


図2 支持板の設置位置（金属系アンカー）

2.0 l_e)以上とすることが規定³⁾されています。当センターでは、前述の内法間隔を確保し、かつ強度に影響しない範囲の母材の表層割れが拡大しないよう、内法直径 ϕ 270～ ϕ 625mmまでの6種類の鋼製支持板を母材上面に設置しています。これにより、コーン状破壊の予測範囲を定めることができるため、必要以上にアンカー間隔をとる必要がなくなり、一つの母材上で多数の引張試験を行うことを可能にしています。

測定装置には、荷重測定用のセンターホール型ロードセル、アンカーの軸方向変位測定用の2台の変位計を使用します。センターホール型ロードセルは、最大引張荷重の5%以下の荷重を計測できる必要があることから、50kN～1000kNまで6種類を用意しています。また、アンカーの軸方向変位の測定は、アンカー筋に変位測定ジグを固定した後、アンカー筋に対して対称となる位置に変位計を設置して行います。なお、変位測定ジグは、ばねの力を利用した3点支持の変位測定ジグを使用しているため、表面に凹凸のある異形鉄筋にも固定することができます。

5. おわりに

当センター構造グループでは、試験実施、報告書の作成はもちろんのこと、最大耐力に影響を及ぼさないへりあき、アンカー間隔まで考慮した試験位置の作成から、母材の製作、強度管理まで実施しています。最近では、標準試験方

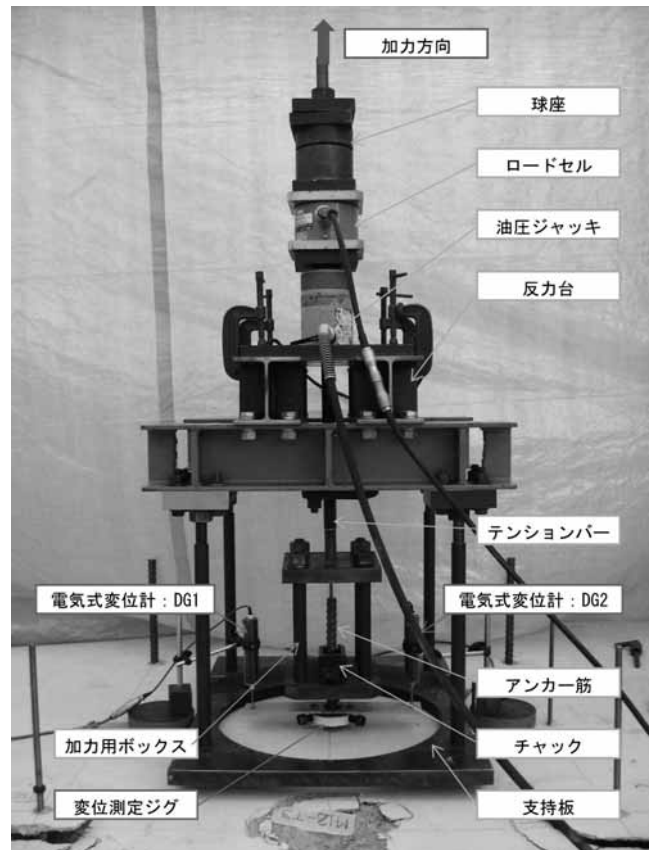


写真2 試験方法例（異形鉄筋の場合）

法に準じた現場立会い試験や、群アンカーの引張試験等も行っています。

また、当センターのアンカーに関する試験報告書は、(社)日本建築あと施工アンカー協会が実施しているアンカーの製品認証制度において、審査項目となっている「引張耐力」、「引張剛性」、「せん断耐力」及び「せん断剛性」に関する資料としても利用いただいています。

アンカー試験に関するお問い合わせ、ご相談などは下記までお願い致します。

問い合わせ先：構造グループ 担当：中村 陽介

TEL 048-935-9000

【参考文献】

- 1) 財団法人日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説、1990
- 2) 財団法人日本建築センター：建築設備耐震設計・施工指針、1997
- 3) 社団法人日本建築あと施工アンカー協会、あと施工アンカー認定委員会：あと施工アンカー標準試験法・同解説

文責：中央試験所 構造グループ 中村陽介



既存建築物のコンクリート強度の推定

(財)建材試験センター 非常勤理事
東京大学 名誉教授
(財)日本建築防災協会 理事長 岡田 恒男



(財)建材試験センターが設立50周年を迎えられるとのこと、文字通り、建築材料などの試験の中心として長年我が国の建築材料分野の発展と技術の普及に貢献されてきたことに敬意を表したい。筆者は非常勤の理事として年に数回理事会に出席するのが当センターとの公式の関係であるが、個人的には、専門としている鉄筋コンクリート建築物の耐震診断・耐震改修を通じて当センターの事業に間接的であるがしばしばお世話になっている。

既存建築物の耐震診断の第一歩は材料強度の推定から始まる。中でもコンクリートの強度の推定は診断結果を左右する重要なファクターの一つである。このところ耐震診断の結果の報告書あるいは、耐震補強計画書のチェックをする機会が多いが、コンクリート強度の推定の部分は特に精査する。その際、資料として当センターでの試験結果の報告書が添付されているのを目にし、当センターの活躍ぶりを垣間見ることもしばしばである。

さて、少し当センター固有のことから離れてコンクリート強度に関する一般論に話題を変えることとお許しいただきたい。既存建築物の耐震診断・耐震改修の際、苦勞することの一つは、既存建築物の真のコンクリート強度の推定がかなり厄介なことである。通常はコンクリート強度の推定は建築物から採取したコンクリートコアの試験結果に基づいて行う。コンクリートコアの採取数が多いほど推定の精度は上がるが、経費の問題もあり、例えば学校校舎では、通常、建設年度毎に各階3本程度である。採取箇所は壁が多い。耐震診断のためには、柱のコンクリートの強度も知りたいところであるが、柱からの採取は鉄筋を避けてコアを採取することが困難なので通常は行われぬ。このように限られた箇所から採取された少数のデータから建築物全体の平均的なコンクリート強度を推定するわけであるから容易ではない。ばらつきが大きいときはさらに厄介である。データ不足を補うために、反発硬度に基づき強度を推定する非破壊試験法を併用することもあるが、大まかな強度の傾向を推定することはできるが性能評価のための部材強度計算に用いるのに耐えるだけの定量的な推定は困難である。

この様に書くと、読者の中には、最近ではコンクリート強度の推定に関する仕様書も完備されお

り、コアの採取方法、採取場所、本数などもかなり詳しく指定されている場合が多く、それに基づいて当センターの様な試験機関で強度試験がなされ、それらの試験結果を統計処理して耐震診断に用いるコンクリート強度を推定する方法も詳しく定められているので、さしたる苦勞もなく推定されているのではないかと、疑問を持たれる方が多いかもしれない。その通りであるが、こうして推定されたコンクリート強度が建設時の設計基準強度を超えている場合には、耐震診断の計算には設計基準強度を用いるなど、安全側の評価が出来るのであまり神経質になる必要はないが、設計基準強度より低い、特に、例えば圧縮強度が $10\text{N}/\text{mm}^2$ 以下と極端に低い結果が出た時に厄介な問題が発生する。コンクリートコアが正常に採取されているか、ばらつきが極端に大きくないかなど、試験結果が建築物のコンクリート強度を正しく推定しているかどうかのチェックを入念に行い、場合によっては追加のサンプル採取も必要になる。追加試験となると経費のねん出も楽ではないが、実際には所要の強度のコンクリートであるのに、サンプリングが悪いために強度が低いと判断し耐震性能を見誤っては困るので念を入れる必要がある。また逆に、このような慎重な調査をしても、残念ながら、通常、耐震診断・耐震改修の対象とされている1981年以前のいわゆる既存不適格建築物の中にはコンクリート強度が極めて低いと判定される場合が少なからず存在する。このような建築物も建設の際にはコンクリートのシリンダーテストには合格しているはずであるから、貧調合が原因である場合は少なく、多くは打設不良でいわゆるジャンカが多いことが強度低下の原因となっている場合である。

公立学校校舎などでは、コンクリート強度が例えば $10\text{N}/\text{mm}^2$ を下回る場合は通常は耐震改修も困難なので建て替えを考える場合も多いが、最近では、いろいろな理由で耐震改修を行う場合も増えており、更に厄介な問題が生じている。耐震性を向上するために新しく追加する耐震要素はあと施工アンカーボルトで接合することが多いが、ジャンカなど施工不良個所では効きが悪いばかりでなく、接合強度の推定も難しいことである。

今後、耐震診断・耐震改修が進むにつれ、低強度コンクリートの既存建築物の耐震診断・耐震診断の基本となるコンクリート強度の推定はますます重要な課題となってくるであろう。通常のコンクリート強度の建築物の場合よりはもっと丁寧な、手間暇かけた、言い換えるなら経費をかけた試験に基づく推定が行えるような体制の整備が必要である。

「建材試験情報」へ寄稿する機会を借りて、建材試験データの利用者側からの情報として駄文をしたためさせていただいた。

ニュース・お知らせ

(((((.....))))))

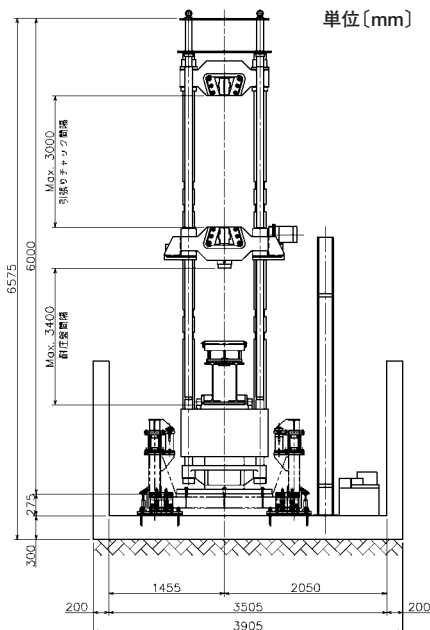
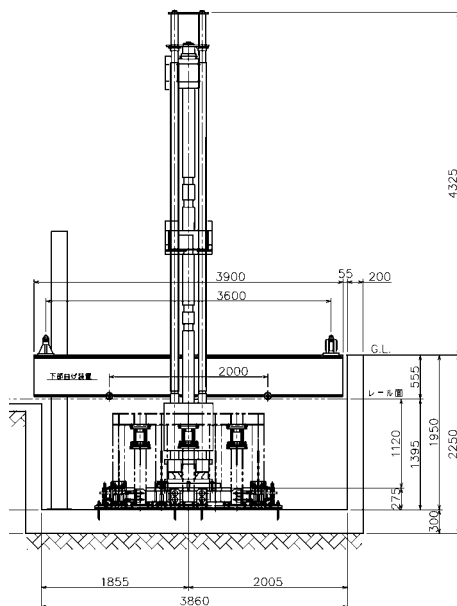
船橋試験室で2000kN万能試験機（仮称）の新設工事始まる

— 長い構造部材の圧縮・引張試験に対応 —

工事材料試験所船橋試験室

工事材料試験所・船橋試験室では、圧縮・引張荷重が作用する構造部材・製品等で最長3m程度までの試験体を対象とし、最大2000kNの圧縮・引張荷重試験が可能な試験機を新たに導入します。現在、4月下旬の完成、5月からの稼働を目指し準備を進めています。

なお、本試験機は圧縮・引張荷重試験の他、付属の加力ジグを併用して曲げ試験への利用も予定しています。本試験機の詳細については、完成後、本誌にて改めて紹介します。



(((((.....))))))

第46回ISO/TAG8（建築）等国内検討委員会を開催

経営企画部企画課

去る2月23日（水）、東京ガーデンパレスにて第46回ISO/TAG8（建築）等国内検討委員会が開催されました。

2010年10月に開催した第33回ISO/TAG8国際会議に出席された菅原委員長より会議報告として、主な審議事項となった「建築物のエネルギー効率におけるTC163とTC205のスコープ」及び「構造物の設計に関する国際標準化」に関する日本の主張ポイント、諸外国の意見及び反応、TMBへの勧告内容等について説明が行われました（詳細については本誌2010年12月号をご覧ください）。なお、これらの審議事項は解決に至っていないため、次回の国際会議でも議題となることが想定されることから、今後の対応について意見交換が行われるとともに、引き続き関連する情報を収集することとなりました。また、建築及び土木分野におけるISO/TCの2010年における活動状況として、国内対応組織の代表委員より日本に関係する規格の開発状況、国内の対応、諸外国の動向等の報告があり、これらについて意見・情報交換が行われました。

今回のISO/TAG8国際会議は9月26、27日の日程で開催が予定されており、事務局では会議での議論を踏まえ、国際会議に向けた準備を進めて参ります。



JISマーク表示制度に基づく製品認証登録

製品認証本部では、下記企業(3件)について平成23年2月14日付でJISマーク表示制度に基づく製品を認証しました。

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

認証番号	認証取得日	認証に係る工場又は事業場の名称及び所在地	規格番号	規格名称及び認証の区分
TC0310010	11/02/14	宇部物流サービス(株)千葉事業所	A6013	改質アスファルトルーフィングシート
TC0310011	11/02/14	(株)田尻	R3209	複層ガラス
TCES10001	11/02/14	Trenzas y Cables de Acero PSC.	G3536	PC鋼線及びPC鋼より線

ISO 9001 登録事業者

ISO審査本部では、下記企業(1件)の品質マネジメントシステムをISO9001(JIS Q 9001)に基づく審査の結果、適合と認め平成23年2月10日付で登録しました。これで、累計登録件数は2172件になりました。

登録事業者(平成23年2月10日付)

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住所	登録範囲
RQ2172	2011/2/10	ISO 9001:2008 (JIS Q 9001:2008)	2014/2/9	大和物流(株)(環境品質システム課、 栃木二宮営業所、竜ヶ崎営業所)	大阪府大阪市西区阿波座1-5-16 <関連事業所> 環境品質システム課、栃木二宮営業所、 竜ヶ崎営業所	一般貨物の運送業務及び付帯する 業務並びに産業廃棄物の収集・運 搬業務(7.3 設計・開発、7.5.2 製 造及びサービス提供に関するプロセス の妥当性確認を除く)

ISO 14001 登録事業者

ISO審査本部では、下記企業(1件)の環境マネジメントシステムをISO14001(JIS Q 14001)に基づく審査の結果、適合と認め平成23年2月26日付で登録しました。これで、累計登録件数は639件になりました。

登録事業者(平成23年2月26日付)

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住所	登録範囲
RE0639	2011/2/26	ISO 14001:2004 (JIS Q 14001:2004)	2014/2/25	渡利建設(株)	鹿児島県薩摩郡さつま町船木2815	渡利建設株式会社及びその管理下 にある作業所群における「土木構造 物の施工」に係る全ての活動

あとがき

著者は趣味らしい趣味を持たない人間でしたが、ある事をきっかけに、イラストや絵本を描くようになりました。そのきっかけは、「子供の笑顔が見たい」、「子供が喜ぶ姿が見たい」というものです。妻が子供に絵本を読み聞かせる姿を見て、「自分の描いた絵本を読み聞かせて喜ばせてみたい」というのが理由でした。

題材は子供の身の回りの物をテーマに「ドングリどんちゃんの大冒険」や「ダンゴムシ・男弾吉」等々、誰もが笑ってしまう内容を心がけ、挿絵も下手くそな物でしたが、子供達は手作り絵本を喜んでくれました。

美術の才も文学の才も無い自分ですが、想いがあれば何でも出来てしまうものだと、あらためて知りました。

あっ、ちなみに、ぬいぐるみにも挑戦し、ヘビさんや得体の知れぬ生き物も作製しました、お恥ずかしいかぎりですが……。新しくお父さんになった「あなた」、挑戦してみてもいいですか？如何ですか。

(柴澤)

編集たより

平成23年度の新しい年度を迎え、当センターにおいてもフレッシュな新入職員が入社し、職員一同、気持ちも新たにスタートしました。

さて、本号では、「寄稿」として(独)産業技術総合研究所の松原様に「室内VOCの現場測定用検知器とその評価法の国際標準化」と題して、VOC検知器の評価方法の国際標準化についてわかりやすくご紹介を頂きました。

室内空気の質に影響を及ぼす物質には、二酸化炭素や揮発性有機化合物(VOC)等の化学物質、かびやウイルス等の生物物質があります。1990年代後半から「シックハウス問題」が注目され、国内においても規格化が進められてきました。国際規格においてもISO/TC146/SC6(大気)において熱心に国際規格の検討が行われております。VOCを適切にかつ簡易に検知できる装置の開発とその評価方法に関する標準化が期待されるようです。

2011年1月号より、フリーペーパーとなりました「建材試験情報」ですが、読者皆様からのご要望にお応えできるよう、編集部一同尽力して参りますので、今後ともよろしくお願い申し上げます。

(鈴木(澄))

建材試験情報

4

2011 VOL.47

建材試験情報 4月号
平成23年4月1日発行

発行所 財団法人建材試験センター
〒103-0025
東京都中央区日本橋茅場町2-9-8
友泉茅場町ビル
<http://www.jtccm.or.jp>

発行者 村山浩和
編集 建材試験情報編集委員会
事務局 電話 048-920-3813
FAX 048-920-3821

建材試験情報編集委員会

委員長

田中享二(東京工業大学・名誉教授)

副委員長

尾沢潤一(財団法人建材試験センター・理事)

委員

鈴木利夫(同・総務課長)

鈴木澄江(同・調査研究課長)

青鹿 広(同・中央試験所管理課長)

柴澤徳朗(同・防耐火グループ主幹)

石川祐子(同・材料グループ主幹)

松井伸晃(同・工事材料試験所主任)

香葉村勉(同・ISO審査本部審査部主幹)

常世田昌寿(同・性能評定課主任)

新井政満(同・製品認証本部上席主幹)

川端義雄(同・顧客業務部特別参与)

山邊信彦(同・西日本試験所試験課長)

事務局

川上 修(同・経営企画部長)

室星啓和(同・企画課主幹)

宮沢郁子(同・企画課係長)

高野美智子(同・企画課)

禁無断転載

制作協力 株式会社工文社

SERVICE NETWORK

事業所案内

●草加駅前オフィス

〒340-0015 埼玉県草加市高砂2-9-2 アコス北館Nビル

●総務部、経営企画部

TEL.048-920-3811(代) FAX.048-920-3820

●顧客業務部

TEL.048-920-3815 FAX.048-920-3822

●性能評価本部

TEL.048-920-3816 FAX.048-920-3823

●製品認証本部

TEL.048-920-3818 FAX.048-920-3824

●本部事務局

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町2-9-8 友泉茅場町ビル
TEL.03-3664-9211(代) FAX.03-3664-9215

●ISO審査本部

TEL.03-3249-3151 FAX.03-3249-3156

関西支所

〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満2-6-8 堂島ビルディング8階
TEL.06-6312-6667 FAX.06-6312-6662

福岡支所

〒810-2205 福岡県糟屋郡志免町別府2-22-6
TEL.092-292-9830 FAX.092-292-9831

●中央試験所

〒340-0003 埼玉県草加市稲荷5-21-20
TEL.048-935-1991(代) FAX.048-931-8323

管理課

TEL.048-935-2093 FAX.048-935-2006

材料グループ

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

構造グループ

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

耐火火グループ

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

環境グループ

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

校正室

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

●工事材料試験所

管理課

〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島2-12-8
TEL.048-858-2791 FAX.048-858-2836

浦和試験室

TEL.048-858-2790 FAX.048-858-2838

三鷹試験室

〒181-0013 東京都三鷹市下連雀8-4-11
TEL.0422-46-7524 FAX.0422-46-7387

横浜試験室

〒223-0058 神奈川県横浜市港北区新吉田東8-31-8
TEL.045-547-2516 FAX.045-547-2293

船橋試験室

〒273-0047 千葉県船橋市藤原3-18-26
TEL.047-439-6236 FAX.047-439-9266

●西日本試験所

〒757-0004 山口県山陽小野田市大字山川
TEL.0836-72-1223 FAX.0836-72-1960

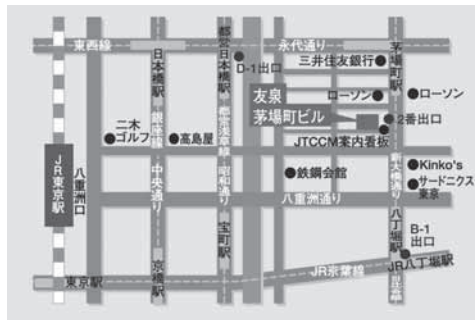
福岡試験室

〒811-2205 福岡県糟屋郡志免町別府2-22-6
TEL.092-622-6365 FAX.092-611-7408

(草加駅前オフィス)



(本部事務局・ISO審査本部)



(中央試験所)



(工事材料試験所・浦和試験室、管理課)



(西日本試験所)



最寄り駅

- 東武伊勢崎線草加駅東口徒歩1分

最寄り駅

- 地下鉄日比谷線・東西線 茅場町駅2番出口徒歩1分
- 地下鉄都営浅草線 日本橋駅D-1出口徒歩7分
- JR京葉線 八丁堀駅B-1出口徒歩9分
- JR東京線 八重洲口徒歩20分(タクシー5分)

最寄り駅

- 東武伊勢崎線草加駅または松原団地駅からタクシーで約10分
- 松原団地駅から八潮団地行きバスで約10分(南青柳下車徒歩10分)
- 草加駅から稲荷五丁目行きバスで約10分(稲荷五丁目下車徒歩3分)

高速道路

- 常磐自動車道・首都高3郷IC西出口から10分
- 外環自動車道草加出口から国道298号線、産業道路を経て15分

最寄り駅

- 埼京線南与野駅徒歩15分

高速道路

- 首都高大宮線浦和北出口から約5分
- 外環自動車道戸田西出口から国道17号線を経て約15分

最寄り駅

- 山陽新幹線及び山陽本線厚狭駅からタクシーで約5分

高速道路

- 【広島・島根方面から】**
- 山陽自動車道 山口南ICから国道2号線を経由して県道225号線に入る
- 中国自動車道 美祿西ICから県道65号線を経由して「山陽」方面に向かい車で15分
- 【九州方面から】**
- 山陽自動車道 相生ICから国道2号線を経由して県道225号線に入る



財団法人 **建材試験センター**
Japan Testing Center for Construction Materials