

建材試験 情報^{vol.}52

2016

5

JTCCM
JOURNAL

巻頭言

熟練技能労働者が減少する中での技術開発

寄稿

日本建築学会賞(論文)2015年を受賞して
「外気環境により劣化するRC外壁の
目的指向型耐久設計技術の確立に関する研究」

技術レポート

引抜きによる鉄筋とコンクリートとの
付着強度試験の供試体小形化に関する検討



Environment

Testing

Life



一般財団法人

建材試験センター

Japan Testing Center For Construction Materials

I n d e x

p1

巻頭言

熟練技能労働者が減少する中での技術開発
／国立研究開発法人 建築研究所 監事 角南 国隆

p2

寄稿

日本建築学会賞(論文)2015年を受賞して
「外気環境により劣化するRC外壁の
目的指向型耐久設計技術の確立に関する研究」
／広島大学大学院工学研究院 教授 大久保 孝昭

p8

技術レポート

引抜きによる鉄筋とコンクリートとの
付着強度試験の供試体小形化に関する検討
／中央試験所 材料グループ 主任 若林 和義

p14

試験報告

棟換気材の性能試験
／中央試験所 環境グループ 統括リーダー代理 松本 知大

p16

試験設備紹介

200kN 全自動耐圧試験機
／工事材料試験所 横浜試験室 室長 古山 英資

p18

規格基準紹介

JIS A 1304 (建築構造部分の耐火試験方法) の改正原案作成について
－改正原案作成委員会の審議・検討概要報告－
／性能評価本部 性能評定課 主幹 常世田 昌寿

p24

連載

建築に学ぶ先人の知恵

世界の伝統的建築構法
第5回 中国安徽省の古民家群 宏村・呈坎
／芝浦工業大学 教授 南 一誠

p30

平成28年度事業計画

p33

建材試験センターニュース

p36

あとがき・編集たより

巻頭言

熟練技能労働者が減少する中での 技術開発



国立研究開発法人 建築研究所
監事 角南 国隆
SUNAMI, Kunitaka

独立行政法人 建築研究所が「国立研究開発法人」という名称を冠することとなって丸1年が経ちました。建材試験センターに関連のある研究もCLT(直交集成板)に関する一般的設計法の基礎研究など数多く実施しております。2016年度より新たな中長期計画に基づき研究を進めてまいりますので、引き続きよろしくお願い申し上げます。

建設技能労働者の需給は2年前に比べて緩和しています。その理由は、ここ数年の建設投資額の減少((一財)建設経済研究所の建設投資見通し(2016.4.25)によると2015年度/13年度=0.975)及び他産業に流出していた経験者が建設業に回帰したためと考えられますが、本誌2014年10月号「建設業の人手不足」に書かせていただいたとおり、建設技能労働者の年齢構成からみて2020年以降に再び不足感が高まる可能性が高く、オリンピックの影響でその時期が早まるかもしれません。

先日、ある建築設計事務所幹部の「今後の鋼の建材に求めるのは、既存の溶接加工技術で施工可能な範囲での強度向上」という話が印象的でした。「強けりゃいいってもんじゃない。」背景にあるのは熟練労働者の不足です。技術の要求水準が上がると施工体制が組みにくくなり、無理に工期に間に合わせようとする想定外のコスト高となる懸念があるというわけです。

同様のことは研究スタンスとしても留意する必要があるようです。施主と設計者とが十分な意思疎通を図った上で建材・構法が選択されるからとやかく言う必要はないという考え方もあるでしょうが、現場の実情を制度や研究の前提としてどれだけ採り入れるか。「理論的には正しいけれど現場では使えない」では困ります。

これまで日本の現場力は高かったので、指図通りに作業するのが当然のことと考えられてきましたが、今後もそれが通用するとは限らないのです。

アシスト型ロボットは既に介護分野で先行していますが、建設分野でも実装が始まっています。また人工知能(AI)では機械学習、特にディープラーニング(深層学習)が劇的に進化しつつあります。IoT普及と相まって、ロボットも人間が操作する従来型から、いずれ自律的に動く人型多能工ロボットが現れるかも？

日本建築学会賞(論文) 2015年を受賞して 「外気環境により劣化するRC外壁の 目的指向型耐久設計技術の確立に関する研究」

広島大学大学院工学研究院 教授 大久保 孝昭



1. はじめに

昨年度、日本建築学会の学会賞(論文)を受賞いたしました。受賞当初は、喜びが卓越していたのですが、時間の経過と共に今後の研究活動における責任を痛感している次第であります。今回、受賞できたのは、建築研究所の先輩・仲間そして広島大学の同僚・学生など、数多くの皆様のお陰であると心より感謝いたしています。また、後述致しますが、本研究の遂行には建材試験センターの多くの技術者の方々に多大のご協力・ご支援を頂きました。本誌面で研究成果の概要を報告させて頂き、お礼とさせて頂きたいと存じます。

2. 研究の背景、そして建材試験センターとの関わり

「外気環境」という複雑で多種多様な外力に対する建築物の耐久設計技術は、容易に「解」が見つかる筈はなく、小職のライフワークと考えております。1998年、当時の建設省は建築基準法の根本的な改正を行い、2000年6月には性能規定部分の施行がなされました。当時、建築構造設計分野や耐火設計分野に比べて、耐久設計分野は性能規定化への技術基盤が蓄積されていないという認識に立脚し、小職は建築研究所の仲間と「建築部材の目的指向型耐久設計」の技術確立の必要性を提案しました。

目的指向型の設計基準は当時のカナダの住宅局が進めていた施策であり、小職はこの「目的指向」の考えに立脚した技術開発こそが将来の「性能規定型の耐久設計」を可能にすると確信しました。自分の所有する建築物や住宅の長寿命化は、一般ユーザの大きな願いの一つであることは間違いありません。また、建築物の一般ユーザにとって、難しい専門用語ではなく、自分の表現しやすい言葉で要求性能を提示し、技術者がこれを理解した上で建築生産行為に展開した結果、自分の満足できる建築物が得られることは大きなメリッ

トとなります。この検討を進めるために、当時の独立行政法人建築研究所から、建材試験センターに業務委託を行い、「建築部材の目的指向型耐久設計技術委員会」を組織、運営して頂きました。学からは三橋博三先生、田中享二先生、野口貴文先生にご指導をお願いし、中央試験所の技術者の方々、そして建築研究所のメンバーで様々な実験検討を行い、目的指向型耐久設計技術の基盤を構築しました。

さらに、本技術を確立するために、広島大学に移ってから学生とともに検討を続けて参りました。広島大学では、建材試験センター西日本試験所の技術者の皆様に本研究の遂行を支援して頂きました。特に、難しい実験では本学の社会人ドクターにお越し頂いた流田靖博氏はじめ、多くの技術者の方にご協力を頂きました。また、性能評価本部の森濱直之氏は、当時、本学の大学院生として修士論文で本研究に真摯に取り組んでくれました。本論文は12編の既発表論文をまとめたものですが、そのうち5編が建材試験センターの技術者の方との連名の論文です。建材試験センターなくして、受賞論文は完成できなかったと思っております。

現在、中央試験所は大規模な実験施設の増築を開始されました。西日本試験所には一昨年、素晴らしい実験棟2棟が増築されました。これを機に両試験所は「中央試験・研究所」、「西日本試験・研究所」と改称し、技術職員の皆様を「研究者」と呼べるようにして頂くことを強く提案し、敬意と感謝を表したいと思っております。

3. 論文の概要

本論文ではRC外壁部材に生じるひび割れや仕上げ材の剥離的を絞った事例ではありますが、目的指向型耐久設計の技術フローに基づいた一連の検討結果を示すことができた若干、自負しています。論文は6章からなっています。下記に各章の概要を示します。

(第1章) 建築部材の目的指向型耐久設計技術の提案

仕様規定から「性能」というキーワードを核とする建築生産への変革は、建築物の一般ユーザの立場に立った優れた行政施策と評価できます。しかし、建築物の耐久設計技術(長寿命化技術)に関しては、評価対象とする性能を証明するための時間が長くなるため、性能指向型の設計手法を確立することは容易ではありません。筆者は、性能規定に立脚した建築物・建築部材の長寿命化技術の鍵が目的指向型耐久設計による技術蓄積であることを提案しました。

「目的指向」は、設計・施工段階で材料選定や仕様の決定を行うときに、明確な目的(選定理由)を設定することを意味します。図1に示すように、例えばある建築部材の設計や施工において、建築材料とその工法の組合せとして[材料A・工法A]を選定した場合には、選定理由を[目的A]として明確に残すことが必要となります。当然、他の技術[材料B・工法B]を選択した場合も同様に[目的B]を明確に残すことが必要です。例えばある防水仕様Aを選択したときに「防水性能に関し15年間のメンテナンスフリーを目的として仕様Aを選択した」というような、材料選定の理由を明確に残すこととなります。この例では15年後に、この目的が達成されたか否かによって仕様Aが事後評価され、その後の設計に活かされることとなります。技術者の多くが目的を明確に残すことにより、失敗・成功事例が蓄積でき、将来の耐久設計に活かすという考えが「目的指向型」の基本です。[目的]と[材料・工法]の組合せが増加すれば、目的が[X]の場合には[材料X・工法X]、[目的Y]に対しては[材料Y・工法Y]というような性能指向型の材料・工法の選択が可能となります。

一方、耐久設計技術に必要なデータである材料や部材の物性の経時変化の概念を図2に示します。同図に示すような材料Aと材料Bが存在したとき、初期性能のみのデータが与えられれば誰もが材料Aを選択することは明らかです。しかし、同図の矢線で示すような経年変化のデータが存在すれば、技術者の選択は変わるはずで、合理的な耐久設計を行うためには、同図における矢線で示すような物性値の経時変化のデータが必要となります。このデータを得るためには、様々な仕様の建築部材について、図3に示すような実験を実施することが必要であり、屋外暴露試験や促進劣化試験がこのデータを得るための実験と位置づけられます。

(第2章) RC外壁の仕上げモルタルのひび割れ防止に関する技術

左官モルタルは外部からの各種劣化要因から躯体を保護し、建築物の美観や防水性等を保持する役割を果たす材料であるとともに、タイル張り外壁や躯体の不陸調整を含む下地

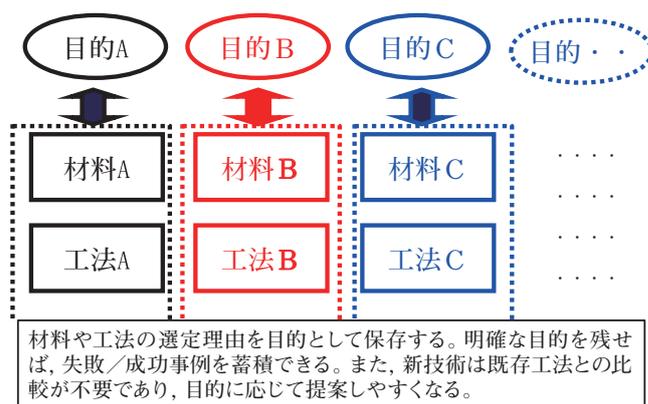


図1 目的指向型の意義

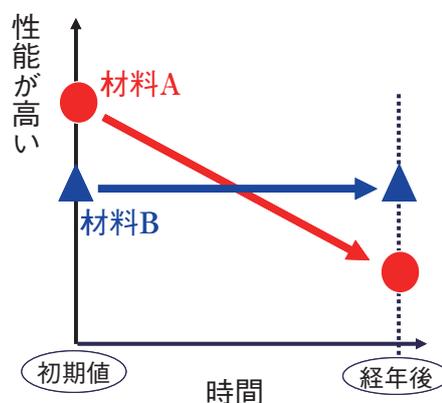


図2 建築材料の物性値の経時変化の事例

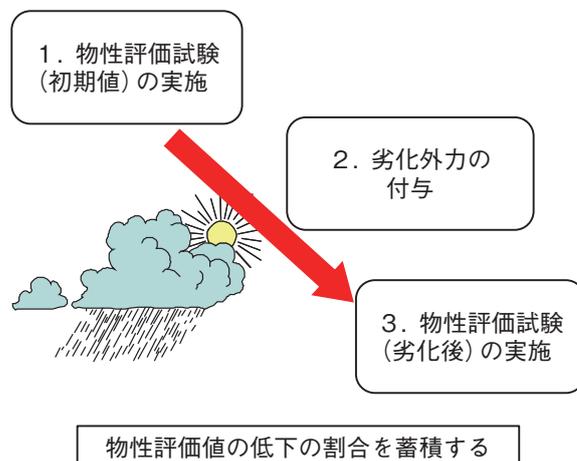


図3 データ蓄積のための実験室での試験

材料としても使用されます。しかし、左官モルタルなどの湿式仕上げ材は、材料特性上、乾燥収縮に伴うひび割れが生じやすいという欠点を有しています。特にRC外壁部材において、表層仕上げ材を含む左官モルタルに生じるひび割れは、美観の低下、仕上げ材の剥落および躯体材料への劣化物質の浸透抑制効果の低下等を招きます。

ここではまず、仕上げモルタルの乾燥収縮を下地コンクリートが拘束することでモルタル内部に生じる応力を解析する手法として、下地材の拘束力としてバネ剛性を用いた解析を提案しました。本解析法により、開口部を模した口の字形の試験体を用いて、2次元問題における解析法の検証を行った結果、概ね実験結果と良好な対応が確認され、本解析法の有効性を検証しました。さらに、基礎実験に基づくデータから実大スケールのパターン解析を行い、開口部を有する壁面に生じる収縮応力の特性を解析的に検討しました。例えば伸縮調整目地を考慮したモデル解析では、目地を入れることで、大きな引張応力の生じる領域を分散することが可能なことを定量的に明らかにしています(図4)。

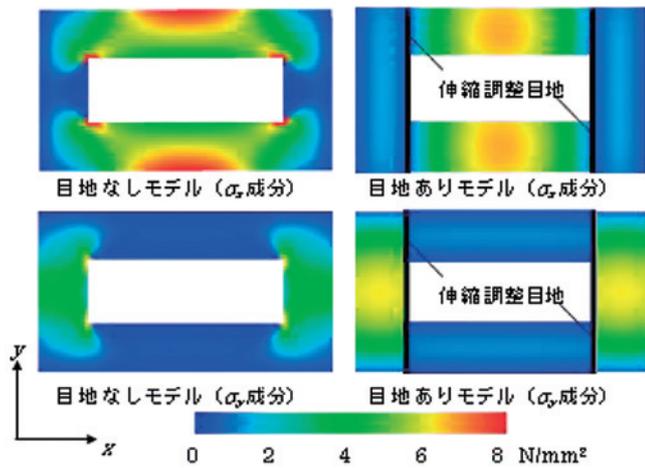


図4 伸縮調整目地による応力低減の割合

さらに、左官モルタルの施工時期とモルタル表面に生じるひび割れとの関係性を評価することを試みました。まず、小型のコンクリート試験体を用いて、1年間、毎月中旬に仕上げモルタルを施工した試験体を屋外および屋内に暴露し、ひび割れの発生状況を観察しました。その結果、モルタルの塗り付け後、1ヶ月の間に気温が低下する時期は、微細なひび割れが生じやすくなることを実験的に明らかにしました。この理由は、モルタル施工後、気温が低下する時期は部材の温度低下に伴う収縮が乾燥収縮に加わる影響であることを、外気温変化をモデル化した室内検証実験およびFEM解析により明らかにしています。また、図5に示すように、月平均気温で施工後の1ヶ月間で5℃以上の気温低下がある環境では、下地コンクリートの拘束によって左官モルタルのひび割れが非常に発生しやすい状態となることを定量的に指摘しました。

(第3章) RC外壁のひび割れ補修のための技術

本章では、「補修・改修設計」技術の確立に寄与する一研

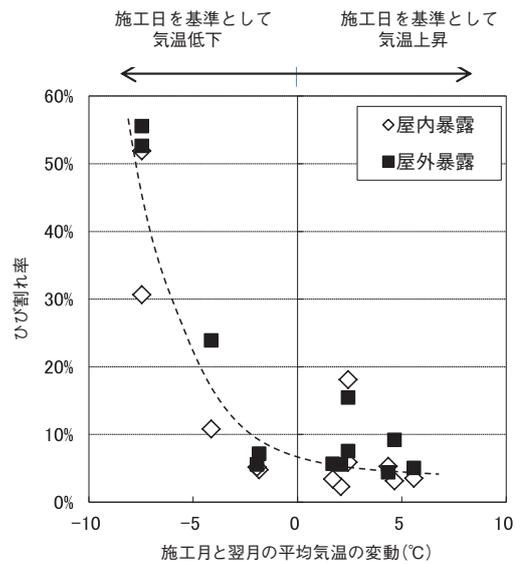


図5 ひび割れ率と施工後1ヶ月までの気温変化の関係(普通モルタル試験体)

究として、建築外壁のひび割れ補修の合理化に的を絞りました。現行の各種公的機関の示すひび割れ補修工法選定フローでの重要な要因である「ひび割れ挙動の有無/大小」について、実際の建築物に生じているひび割れ幅の日変動を計測し、ひび割れ幅の挙動に及ぼす要因を検討しました。その結果、日射や外気温の変動により外壁に生じた貫通ひび割れ部は「反り」の挙動を示し、ひび割れは屋外側が閉じるとき、屋内側では開く挙動を示すことを明らかにしました。よくよく考えると、内部に鉄筋の存在するRC部材の貫通ひび割れ部が単純に伸縮するはずはなく、反りが生じるのは当然です。実際の建築物におけるひび割れ補修工法選定のための「ひび割れ幅挙動の調査・診断」では、ひび割れ幅の挙動について下記に留意することが重要であることを指摘しました。

- 建築物の高さ方向について複数の位置、また調査対象の壁面の選定に当たっては、すべての方角について満遍なく選定することが必要であり、ひび割れ幅挙動の違いが大きい場合には、壁面の位置ごとに補修材料や工法を変更することが必要となる。
- 挙動計測を行う日の天候は重要であり、特に曇天や雨天の日の測定では、晴天時には大きく挙動するひび割れを、「挙動が小さい」と危険側に判定する可能性がある。
- ひび割れ計測を屋内側で行うか、屋外側で行うかによって挙動が異なることを考慮して調査に当たることが重要である。
- ひび割れ幅挙動の計測が困難な場合には、ひび割れ幅の日較差を想定する上で、屋外側の壁面温度の経時変化が重要な情報となる。

また、合成樹脂系補修材を用いたひび割れ補修部に及ぼす部材温度の影響についても検討を行いました。気温や日射の影響を受けて変化する建築部材の温度が補修部の品質に及ぼす影響を検討するための実験を実施しました。その結果、特に合成樹脂系補修材を用いた場合、部材温度の高低が補修部の接着強度や変形能力(伸び)に及ぼす影響が極めて大きいことを定量的に明らかにしました。すなわち、ひび割れへの樹脂注入工法における補修材を選定する際には補修が施される部材の温度条件を考慮することの重要性を指摘しました。

(第4章) RC外壁の仕上げモルタルの剥離防止に関する技術

本章では、まず「コンクリートと左官モルタルの接着一体性に及ぼす外気環境の影響」について検討した結果を示しました。具体的には、鉄筋コンクリート躯体における左官モルタル仕上げの施工・養生時の温度、湿度ならびに風などの外気環境条件が、躯体と左官モルタルとの接着一体性に及ぼす影響について検討を行いました。その結果、初期養生環境がコンクリートと左官モルタルの接着一体性に及ぼす影響を明らかにし、特に施工直後の高温環境や風によってモルタルとコンクリートとの接着一体性が低下することを指摘しました。また、日射、凍結融解の繰返しは接着強度低下をもたらす大きな外力であることを確認しました。

また、本研究は外部用左官モルタルとして軽量モルタルを用いたタイル張り壁面の接着一体性に関する耐久性を検討するために行った実験成果も示しました。外部用軽量モルタルを用いたタイル張り壁面の仕様と耐久性との関係について、ここで試験した軽量モルタルはコンクリートとの接着強度に関する耐久性に関して、珪砂モルタルと同等またはそれ以上の性能を示すことを明らかにしました。ただし、軽量モルタル部分の吸水量が大きい仕様、すなわち軽量モルタルの厚さが10mmを超える試験体では乾湿ムーブメントにより、接着強度が低下しやすいことを指摘しました。さらに吸水調整材の塗布は接着強度向上に寄与し、特に凍結融解繰返し後の接着強度低下を防ぐことを明らかにしました。

(第5章) RC外壁および屋外暴露試験の経年劣化調査技術

本章では、特殊環境下におかれたコンクリート外壁の評価事例として、広島市で原爆を受けたRC外壁の調査結果を示

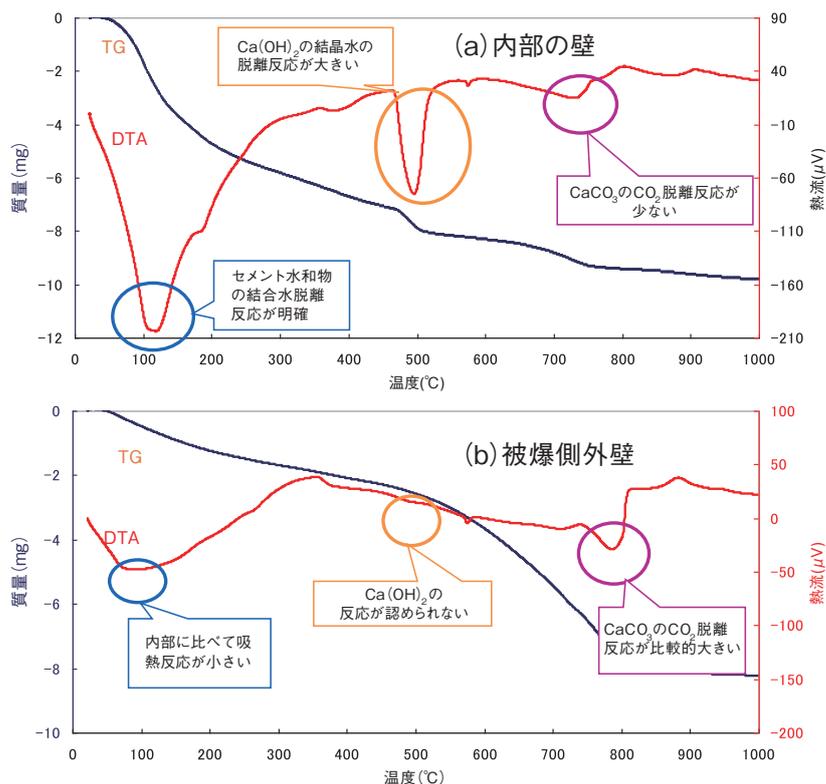


図6 TG-DTAによる被爆の影響

しました。広島市には22件の被爆RC造建築物が現存しており、これらの被爆建築物を平和モニュメントとして有効活用しながら保存するか、構造安全性の見地から解体・建替えを行うかは、慎重に議論をすべきところです。戦前に建設され60～70年が経過した被爆建築物の多くは老朽化が進み、ここで調査した広島県立広島商業高等学校本館も生徒や職員の安全性確保の観点から解体されることとなりました。広島県教育委員会の協力を得て外壁コンクリートや鉄筋の試験片を入手して、当時の建築構造材料の物理的、化学的な品質について試験を行いました。各種試験の結果、調査建築物のコンクリートは被爆、特に高熱によるものと考えられる著しい劣化が認められ、原爆の凄まじさを改めて示すデータが得られました。この試験結果は現存する他の被爆RC造建築物のストック管理に有効活用できるデータであるとともに、昭和初期におけるコンクリートの品質としても貴重であると考えています。また、TG-DTAおよびX線回折試験より、コンクリート表面にはCa(OH)₂が同定されず、CaCO₃は内部に比べて多量に認められました(図6)。これらの試験結果は被爆の影響が大きいことを示すもので、特にコンクリート温度が被爆時に概ね500°C～750°C間に上昇したと考えられます。すべての試験結果は被爆の凄まじさを改めて示す結果であり、また、現存する被爆RC造建築物の維持管理を慎重に行うことの必要性を指摘することができたと考えています。

また、長期間暴露した軽量コンクリートの物性の評価結果も盛り込みました。上村克郎先生はじめとする建築研究所の大先輩方が1968年に作製され、2001年までの33年にわたって屋外暴露された軽量コンクリート試験体について、各種物性試験を行い、長期耐用性評価のためのデータ収集を目的として実施しました。暴露期間が30年を越える本試験結果は、軽量コンクリートを用いた建築外壁の耐久性向上のための調査設計や材料選定に資する貴重なデータとなり、また軽量コンクリートを用いた建築物の補修・改修のための検査等、既存建築物のストックマネジメントにも役立つものであり、下記に示すような有益な知見を得ました。

- a) 暴露試験体の密度は、軽量1種では骨材によらずほぼ同様の値を示し、軽量2種では骨材種類の影響が大きかった。測定された気乾密度は、特に軽量1種は暴露開始当時のJASS 5による気乾密度推定値とよく一致しており、33年の暴露期間中に試験体内部組織に著しい変化がなかったと推察される。
- b) EPMA およびX線回折による化学分析では、軽量コンクリートと普通コンクリートとの間には大きな相違は認められなかった。EPMAではペースト部において水和反応が均質に進行していることが観察された。また、X線回折では軽量コンクリートは普通コンクリートと同様、試験体内部まで中性化が進行していないことが明らかとなった。
- c) 内部組織観察では、軽量コンクリート試験体は普通コンクリートに比べて、極めて微細なひび割れが観察された。これらのひび割れは、コンクリートの強度や耐久性に直ちに影響するものではないと判断されるが、軽量コンクリートのペースト部分は若干脆弱になっていることが推察された。

- d) 軽量コンクリートの中性化深さは普通コンクリートと同等あるいはそれ以下であった。特に水セメント比45%の軽量コンクリートでは、すべての試験体において普通コンクリートよりも中性化深さが小さな値を示した。軽量1種と軽量2種を比較すると、水セメント比が45%のコンクリートでは軽量1種が小さく、W/C=65%では逆に軽量2種の方が小さくなる傾向を示した。
- e) 暴露試験体の強度はほとんどの試験体が暴露開始時から増進していた。水セメント比が45%の軽量1種は普通コンクリートよりも強度発現が大きなものが多かった。
- f) 暴露試験体の超音波伝播速度は圧縮強度との線形関係が認められ、既存建築物のストック管理のための診断業務に活用できることが確認された。補修・改修の時期を迎えている昭和40年代前半の建築物の設計基準強度が18～21N/mm²程度であったことを考えると、音速3500m/sが強度診断の指標となる。また、密度測定を併用することにより、動弾性係数およびヤング係数の推定も可能であることが明らかにした。

(第6章) 建築生産情報保管技術

本研究で対象とした外壁の劣化に関する目的指向型耐久設計フローを図7に示します。同図に示すように、生産の目的、設計情報および維持管理情報等の保管はこの生産システムを達成する上で重要な技術です。本章では合理的な情報保管技術として開発を行った「統合情報システム(CALS)」および「ICタグ」を用いた情報保管に関する技術開発の成果を示しました。

まず、統合情報システム(CALS)という概念によって、建築生産情報を標準化し統合化する試みをおこなった成果を

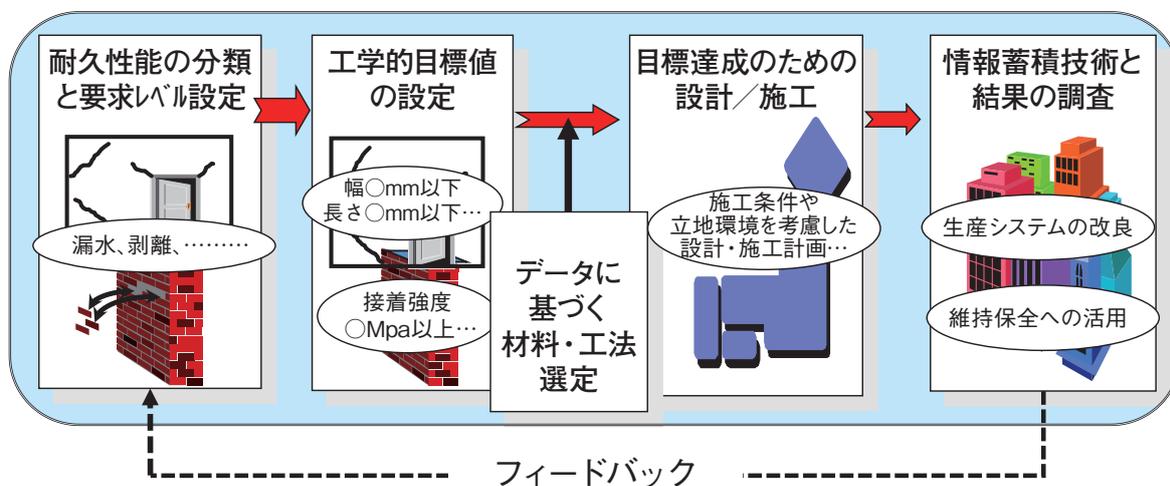


図7 目的指向型耐久設計の実務フロー

まとめました。本技術開発では建築技術者間での生産情報共有を支援するシステムを試作し、これを活用したデータ授受のシミュレーションを行いました。これは情報伝達を円滑にするための標準化やシステムを主眼として構築されたもので、実験はこれを実務で活用して建築生産情報伝達の合理化を目指すものであり、併せてシステム仕様についても改良事項を提案しました。

さらに、松阪合同庁舎工事現場における実証実験では、当時の建設省中部地方建設局が設計・工事監理するにおいて、特に品質管理情報に関して監督職員と施工業者との間の情報伝達に建築CALS実験Webを活用しました。成果として監督職員と施工業者との品質管理情報伝達の方法について、実証フィールド実験を通して得られたシステムへの提案や今後への展開への提案を含め、工事監理／施工管理業務に建築CALS実験Webが及ぼした効果を中心に示しました。

また、ICタグ(RFID)を活用した情報保管技術の開発にも取り組みました。本技術開発は、ICタグをRC部材のコンクリート中に埋め込んで、コンクリートのトレーサビリティを確保する技術基盤を構築することを目的として実施しました。目的指向型耐久設計においては、当初の目標や維持管理歴を後に残すことは極めて重要な技術であり、本技術が今後の情報保管の鍵と位置づけています。

ここではICタグを製造過程のフレッシュコンクリートに投入して、製造・出荷から施工、維持管理に至るコンクリートの情報管理を行う技術を確立するための最も基本的な実験として、練混ぜ、運搬に対するICタグの耐性および硬化コンクリートの圧縮強度に及ぼすICタグ混入の影響を中心に検討をおこないました。その結果、コンクリートに投入することを想定していない流通管理用として市販されている各種ICタグであっても、コンクリートの練混ぜ、運搬等の外力に耐えて通信性能を維持するという見通しが得られました。また、圧縮強度試験用供試体を用いた実験ではICタグをコンクリートに混入させることによりコンクリートの基本性能である圧縮強度に悪影響を及ぼす結果は得られませんでした。

た。フレッシュコンクリートに投入することを想定してICタグのケースを製造すれば更に優れたコンクリート用のICタグを実現できるものと考えています。

4. おわりに

小職は1993年に九州大学から当時の建設省建築研究所に異動しました。当初は第四研究部に配属されましたが、その後第一研究部、企画部、第二研究部そして独法化後の建築材料グループと多くの部署を経験しました。この間、既に建研を出られた先生方を含めて多くの大先輩に貴重なご指導をいただきました。

2004年に建研から広島大学に異動してから約10年が経過した時点での受賞ですので、研究成果には広島大学で実施したものが多く含まれています。広島大学の研究室の学生達は、非常に難しい実験研究において、失敗にもめげず、常に前向きにそして真面目に実験研究に取り組んでくれました。

そして、建築研究所、広島大学の時代を通じて、建材試験センターには多くの協力と支援を頂きました。

今後、建築学会賞の名に恥じないように、真摯に研究に取り組んで参りたいと存じます。何とぞ、今後とも皆様のご指導をお願いする次第です。

プロフィール

大久保 孝昭(おおくぼ・たかあき)

広島大学大学院工学研究院 教授

現在の主要な研究:

各種無線センサを活用した建築物の維持管理技術の高度化／建築部材の長寿命化技術

略歴:

九州大学卒業／同 大学院博士後期課程修了／建築研究所を経て現職

代表著書に「基礎から学ぶ建築生産(学芸出版社)」／日本建築仕上学会論文賞(2015年)、JCI功労賞(2014年)

引抜きによる鉄筋とコンクリートとの付着強度試験の 供試体小形化に関する検討

若林 和義

1. はじめに

鉄筋とコンクリートとの付着強度試験方法は海外では ASTM, RILEM, BS 規準等があり、我が国では約 40 年前に行われた通商産業省工業技術院委託「構造材料の安全性に関する標準化のための調査研究」¹⁾ (建材試験センター) を基に作成された建材試験センター規格 JSTM C 2101:1999 (引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強さ試験方法) がある。

この試験は主に、防錆剤を塗付した鉄筋、表面形状が特殊な鉄筋 (特に高強度鉄筋)、既存構造物から採取した鉄筋に対してコンクリートとの付着性能評価 (所定すべり量時の付着応力度および最大荷重時の付着応力度) を目的として行われている。

JSTM C 2101 は、立方体形状の型枠内の中心に鉄筋を水平に配置してコンクリートを打設した供試体を万能試験機上に設置し、鉄筋端部をチャックで掴んでコンクリートから引き抜くという材料試験である。比較的シンプルな試験ではあるものの、鉄筋径毎に供試体寸法が大きくなっていくため、太径のものになるとクレーン設備等がないと試験者一人の力では持てない質量になり、作製時や試験時の取り扱いが難しくなる。また、補強無し (試験の対象となる鉄筋以外は無筋) のためコンクリートの割裂破壊時および除去時に供試体の一部が試験者や測定器に落下してくる危険性がある。その他、型枠およびジグを鉄筋径毎に各々必要とし、それを保管するための場所を必要とする等の問題点がある。

そのため D25 以外の鉄筋の付着強度試験の実績は少なかったが、近年太径を含む多種の鉄筋での付着性能を確認したいという需要も増えている。

そこで、本報告では鉄筋のすべり性状を把握できる範囲で付着強度試験の供試体小形化を計画し、現行の試験方法よりコンパクトに安全に太径を含む鉄筋の付着性能確認が可能かどうかについて検証した。

2. JSTM C 2101 の概要

JSTM C 2101 に示される供試体の概要を表 1 に示す。

供試体に用いるコンクリートはスランプ 10 ± 2 cm で材齢

28 日時圧縮強度が 30 ± 3 N/mm² のもの、鉄筋はコンクリートの割裂破壊以前に降伏しない強度のものとする。供試体の一边は約 6D (D: 鉄筋の公称直径) で、載荷板からの応力を均等化し試験誤差を少なくするため載荷側に約 2D の非付着区間を設ける (付着区間は 4D) のが特徴である。載荷は写真 1 および図 1 のように行うが、載荷時には鉄筋の自由端のすべり量を所定の区間 (詳細な測定区間は JSTM C 2101 を参照いただきたい。) で測定していく。

鉄筋のすべり量 0.002D 時の付着応力度 $\tau_{0.002D}$ および最大荷重時の付着応力度 (付着強度) τ_{max} を求め、付着性能を評価する。付着応力度の計算は式 (1) となる。

$$\tau = \alpha P / (4 \pi D^2) \quad (1)$$

τ : 付着応力度 N/mm²

P: 引張荷重 N

D: 鉄筋の直径 (公称直径) mm

α : コンクリートの圧縮強度に対する補正係数で、 $30/\sigma_c$

σ_c : 同時に作製した円柱供試体の材齢 28 日における圧縮強度 N/mm²

表 1 JSTM C 2101 に示される供試体の概要

鉄筋の呼び名	供試体寸法 (6D)	付着長 (4D)	供試体質量
D16	100mm角	64mm	約 4kg
D25	150mm角	102mm	約 12kg
D32	200mm角	127mm	約 25kg
D41	250mm角	165mm	約 46kg
D51	300mm角	203mm	約 78kg



写真 1 試験状況 (左: D16, 右: D51)

なお、JSTMの供試体はRILEMを参考にしているが、RIELMそのものは供試体寸法が10Dと非常に大きいので、文献1)で供試体寸法6Dおよび8Dでの実験検証がなされ、両者の供試体による試験結果には大きな差異がなかったことから6Dとした経緯がある。

また、同試験は鉄筋コンクリート構造物内の応力状態に類似するよう配慮されているものの、試験結果を直接構造計算の資料にするというものではない。鉄筋コンクリート構造物内における鉄筋とコンクリートとの付着性状は多用であって、単一で簡単な材料試験によって実際の付着性状を模擬することは困難なためである。そのため、JSTM C 2101では $\tau_{0.002D}$ および τ_{max} に判定 ($\tau_{0.002D} \geq 2.9 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{max} \geq 7.8 \text{ N/mm}^2$) を設けているものの、過去に行われた実験値に対して下限の80%という目安程度のものとなっている。

3. 試験方法に関する提案の概要

本報告では、1章で述べた現行のJSTM C 2101の問題点を解消するため、表2および図2に示すように供試体の小形化を計画した。

供試体寸法を鉄筋径ごとではなく100mm角、150mm角、200mm角の3サイズと限定した。試験者一人の力でも扱える質量に小形化したもので、かぶり厚さは鉄筋のあき間隔規定から1.5D以上確保し(D51は1D以上)、現行の型枠を利用できる寸法とした。また、ポリマーセメントモルタルの試験方法²⁾等でも採用されているらせん筋(φ6mm, @40mm, 各々のサイズでかぶり厚が5mmになる外径とした。)を用い、過度な拘束をしない程度に、破壊時の安全性を確保するとともに、一定の変位まで付着応力度一すべり量曲線が測定できるようにした。

また、現行のJSTM C 2101と同様に載荷側に非付着区間を設け、付着区間は供試体一辺の1/2とし、すべり性状が確認できるよう2D以上確保できるようにした(D51は1.5D以上)。その他のコンクリート品質、養生、載荷方法、計算方法等の条件は現行と同様とした。

ここで、付着応力度は式(2)で算出した。

$$\tau = \alpha \cdot P / (\pi DL) \quad (2)$$

L: 付着長さ mm

(注) その他の記号は式(1)と同じである。

表2 本報告で提案する試験の供試体概要

鉄筋の呼び名	供試体寸法(L)	付着長(L/2)
D16	100mm角	50mm
D25, D32	150mm角	75mm
D41, D51	200mm角	100mm

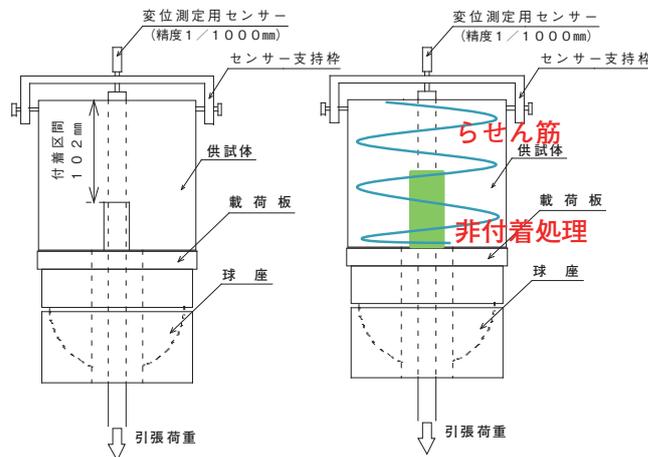


図1 供試体の概要 (JSTM C 2101)

図2 供試体の概要 (本報告案)

4. 試験計画

2章および3章で示したJSTM C 2101に準拠した供試体(記号JS)および本報告の提案方法による供試体(記号N)を中心にD16, D25, D32, D41, D51の5種類の径の鉄筋について試験を計画した。供試体の一覧を表3に、コンクリートの配(調)合表および使用材料を表4に示す。

D25に関しては、その他の試験方法に準じた供試体も併せて、らせん筋有で非付着処理のない供試体(JCIの供試体を参考、記号JC)、無筋で非付着処理の供試体(ASTMの供試体を参考、記号A)、非付着処理はあるが供試体寸法が大きい供試体(RILEMの供試体を参考、記号R)を計画した。それぞれの規格方法は諸条件が一部異なるが、コンクリートの品質、養生、載荷方法、測定方法、計算方法、数量等諸条件はJSTM C 2101に準じた。また、鉄筋はJIS G 3112(鉄筋コンクリート用棒鋼)に規定される竹節形状の異形棒鋼SD345とした。

なお、供試体の作製は4回に分けて行い、D51を除いて同一ロットの材料を用いた。D51に関しては他の径と同様に竹節形状であるが、鉄筋メーカーが異なり、試験機の都合上テンションバー(PC鋼棒)を接続して載荷した。

表3 供試体の一覧

鉄筋の呼び名	準拠又は参考規格	本研究提案	JSTM案	JCI規提案参考	ASTM規格参考	RILEM規格参考
	記号	N	JS	JC	A	R
D16	寸法	100mm角	100mm角	100mm角	—	—
	付着長	50mm	64mm	100mm		
	らせん筋	有	無	有		
D25	寸法	150mm角	150mm角	150mm角	150mm角	250mm角
	付着区間	75mm	102mm	150mm	150mm	125mm
	らせん筋	有	無	有	無	無
	備考	—	—	実際の規格はスランブ8cm	実際の規格はD19を使用	実際の規格は5体, 気中養生
D32	寸法	150mm角	200mm角	—	—	—
	付着区間	75mm	127mm			
	らせん筋	有	無			
D41	寸法	200mm角	250mm角	—	—	—
	付着区間	100mm	165mm			
	らせん筋	有	無			
D51	寸法	200mm角	300mm角	—	—	—
	付着区間	100mm	203mm			
	らせん筋	有	無			
条件	打設方向:横打ち(水平), 養生:材齢28日標準養生, 数量:各3体, 鉄筋表面形状:竹節					

表4 コンクリートの配(調)合

鉄筋の呼び名	スランブ(cm)	水セメント比(%)	空気量(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)			
					水	セメント	細骨材	粗骨材
D16, D25, D32, D41	10	69	1.5	48	178	258	901	1003
D51	10	70	1.5	48	180	257	899	1000

水:イオン交換水, セメント:普通ポルトランド(3社混合), 細骨材:掛川産陸砂, 粗骨材:青梅産碎石(2005)

5. 試験結果

付着強度試験結果を表5に、図3～図11に付着応力度—すべり量曲線を、破壊状況の一例を写真2および写真3に示す。

5.1 現行と同じ寸法にした供試体のすべり量曲線

図3に示すD16においては、3種類ともすべり出し後途中までは類似したすべり曲線を示した。最大荷重時に、らせん筋無のJSは割裂破壊するのに対し、らせん筋有のNとJCはひび割れ後も緩やかにすべる傾向を示した。NとJCの付着強度は同程度で、JSに対して0.002D時で3割程度高く、最大付着強度は1割程度高くなった。また、JSとJCは付着長が異なるため最大荷重自体は異なるが、付着強度は同程度であった。

図4に示すD25においては、D16と同様にすべり出し後の割裂までは何れの種類も類似したすべり量曲線を示した。N

の付着応力度はJSに対して0.002D時で同程度、最大荷重時では2割程度高くなり、最大荷重でひび割れが発生後も緩やかに荷重が低下する傾向を示した。また、らせん筋無かつ非付着処理を施していないAは付着強度がJSに比べ3割程度低くなった。これは付着長が長くらせん筋補強無しであることにより、割裂破壊が早期に生じたことによる。らせん筋は無いものの供試体が250mm角と大きくかぶり厚が大きいRは、JSやAのような割裂破壊を生じなかったため、らせん筋有のNやJC同様に緩やかに荷重が低下する傾向を示した。

5.2 現行より寸法を小さくした供試体のすべり量曲線

続いてD32から上の太径は供試体寸法を小さくした上でらせん筋補強を施している供試体になる。

図5に示すD32において、NはJSに比べすべり出し後の勾配が大きく、最大荷重でひび割れ発生後も他の径と同様に緩やかにすべっていった。付着応力度は0.002D時、最大荷

重時共にJSに比べ2割程度高くなった。

図6に示すD41において、NはD32と同様にすべり出し後の勾配が大きくなる傾向を示し、JSに比べ0.002D時で2割程度高く、最大荷重時で1割程度高くなった。かぶり厚で考えると、現行の規格は鉄筋径によらずかぶり厚2.5倍程確保しているが、本報告案のD32～D41はかぶり厚1.8～1.9倍程となる。

図7に示すD51において、Nは0.002D時でJSに比べ2倍も高い値を示したが、最大荷重時では2割程度の上昇にとどまった。ただし、D51のJSの0.002D時の値自体が規格制定時の値に比べて低めであった。ブリーディングの影響なのか原因が明らかではない。何れにしてもD51に関しては供試体寸法を鉄筋径に対して大幅に小さくし、らせん筋の補強効果が大きくでていると考えられる。かぶり厚で考えると現行の2.5倍から1.5倍と大幅に小さくなる。本報告案の主な目的であるボリュームダウンを優先したためであるが、他の鉄筋径の結果との関連性の考慮が必要となる。

5.3 試験方法毎のすべり量曲線の比較

5.1および5.2では鉄筋径毎に方法による比較をしたが、試験方法毎の鉄筋径の傾向を比較した。

図8に示すJSではすべり量で比較すると、太径になるほどすべり出し後の勾配は低い傾向がわかる。これは径が大きくなるにつれて節の間隔が大きくなっていくからと思われるが、すべり量を鉄筋径で割って無次元化した図9では0.002D時の応力度は異なるものの、その後の勾配が同程度ですべり量曲線は類似していることがわかる。

それに対して、図10に示すらせん筋を配したNでは、すべり量で比較した場合でも、すべり量曲線が途中までは類似していた。特に、供試体寸法が同じものは最大荷重前までは類似しており、その後により小形化を計ったものが、先に破壊に至るという流れである。これは、らせん筋によって拘束したコンクリートのボリュームが影響していると考えられる。すべり出し量を無次元化した図11のすべり量曲線でも、すべり出し後の勾配に影響があることがわかる。

5.4 試験方法および鉄筋径と付着応力度の関係

鉄筋の表面形状や表面状態を評価するには応力度－すべり量曲線を確認するのが重要である。現行では0.002D時および最大荷重時の付着応力度を判定の指標としているので、値についても比較をした。鉄筋径と付着応力度の関係を図12に、鉄筋径と付着応力度比(JSに対するNの比率)を図13に示す。

5.1および5.2に前述したように、D16～D41においては、Nの付着応力度は、JSより0.002D時で同程度～3割程度、最大時で1～2割程度高くなる傾向を示した。最大については鉄筋径に対するらせん筋拘束領域が影響していると考えられる。

表5 付着強度試験結果

鉄筋の呼び名	記号	α	$\tau_{0.002D}$ N/mm ²		τ_{max} N/mm ²	
			平均	変動係数	平均	変動係数
D16	N	1.00	3.98	0.137	15.2	0.134
	JS	1.05	3.04	0.323	13.5	0.004
	JC	1.00	4.26	0.150	15.1	0.067
D25	N	1.05	4.59	0.230	16.1	0.022
	JS	1.05	4.46	0.164	12.9	0.027
	JC	1.05	4.10	0.071	15.3	0.037
	A	1.05	4.35	0.190	9.13	0.071
	R	1.05	3.32	0.199	16.6	0.094
D32	N	1.00	4.67	0.054	14.9	0.051
	JS	1.05	3.77	0.237	12.2	0.017
D41	N	1.00	4.84	0.105	13.8	0.023
	JS	1.05	3.87	0.106	12.3	0.009
D51	N	1.04	5.06	0.127	12.4	0.058
	JS	1.04	2.53	0.080	10.2	0.042

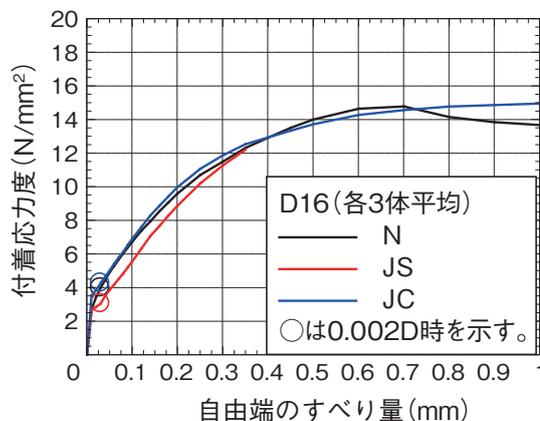


図3 付着応力度－すべり量曲線(D16)

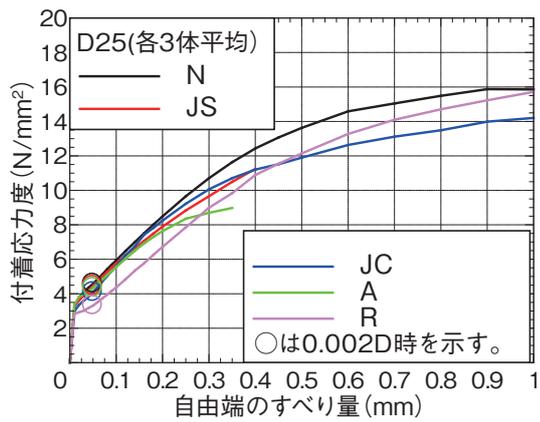


図4 付着応力度-すべり量曲線 (D25)

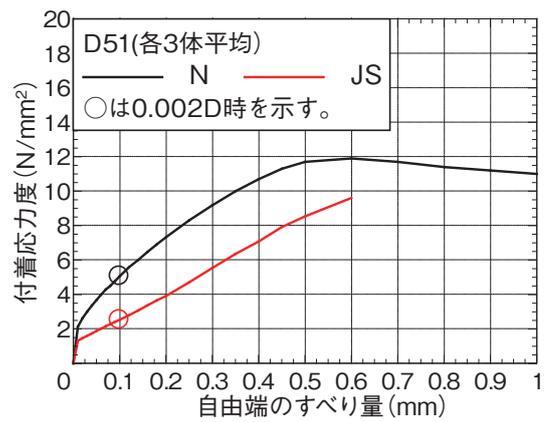


図7 付着応力度-すべり量曲線 (D51)

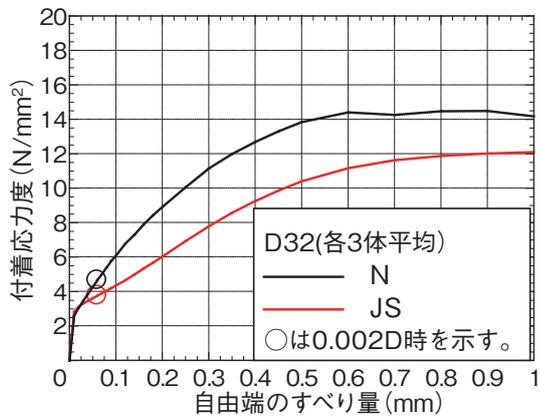


図5 付着応力度-すべり量曲線 (D32)

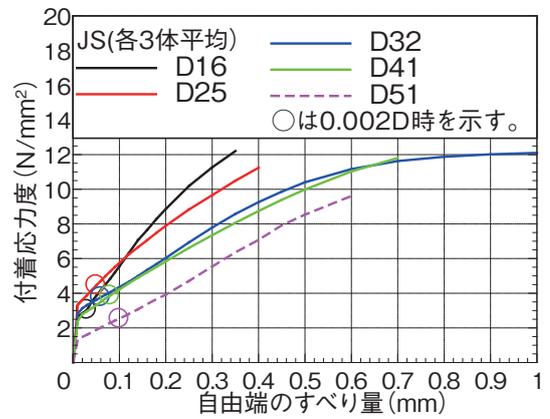


図8 付着応力度-すべり量曲線 (JS)

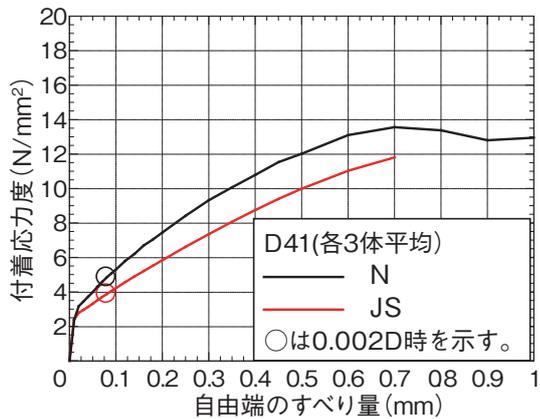


図6 付着応力度-すべり量曲線 (D41)

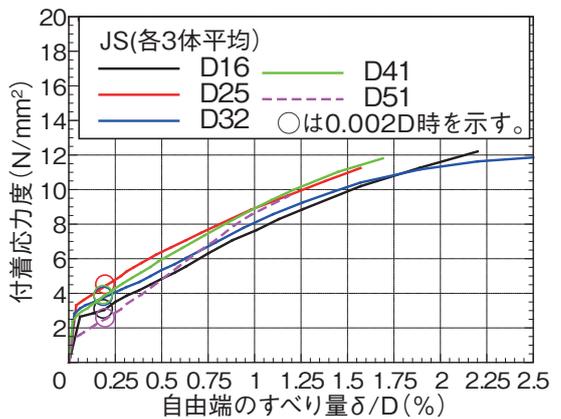


図9 付着応力度-すべり量曲線 (JS)



写真2 破壊状況(左: D25-JS, 右: D25-N)



写真3 破壊状況(左: D41-JS, 右: D41-N)

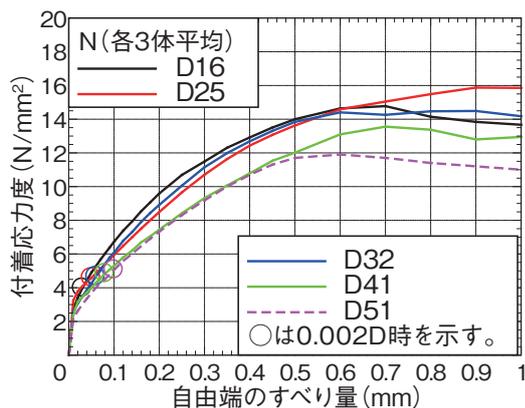


図10 付着応力度—すべり量曲線 (N)

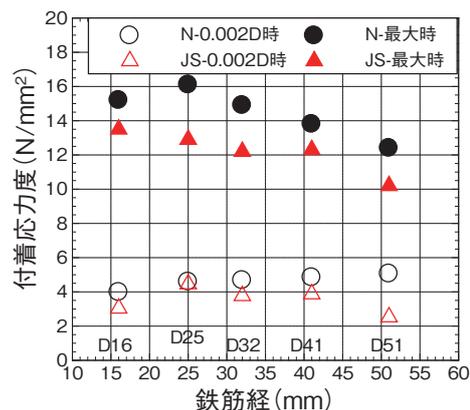


図12 鉄筋径と付着応力度の関係

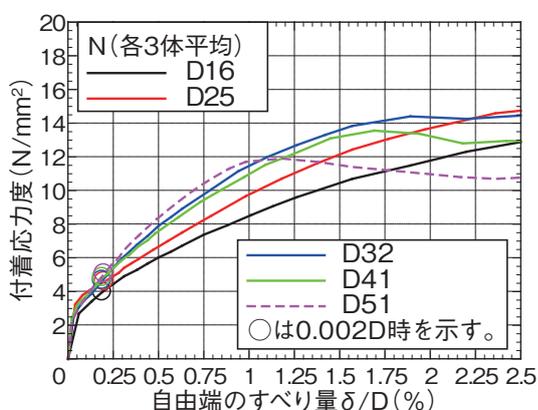


図11 付着応力度—すべり量曲線 (N)

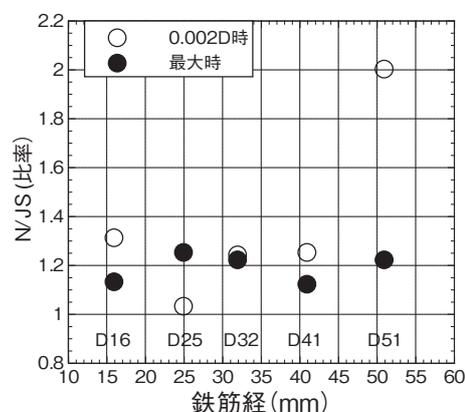


図13 鉄筋径と付着応力度比の関係

6. まとめ

鉄筋とコンクリートの付着強度試験をよりコンパクトに行うために、らせん筋および非付着処理を用いて現行のJSTM C 2101に比べ小形化した供試体を計画して試験を行った。本研究提案の方法および現行のJSTM C 2101による付着強度試験を実施し、得られるすべり量曲線および付着強度の違いを検証した結果から以下のことが把握できた。

D16～D41においては、本研究提案による付着応力度は、現行より0.002D時で同程度～3割程度、最大荷重時で1～2割程度高くなる傾向を示した。供試体寸法を現行と同じとしたD16およびD25において付着応力度—すべり量曲線は、最大時まで類似していた。D32～D51の太径のものは供試体寸法を小さくし、らせん筋を施したことで拘束効果によりすべり出し後の勾配が大きくなる傾向があった。特に、D51では、その影響が顕著であった。

本報告では試験用鉄筋と基準鉄筋の相対比較が可能で、かつ供試体を小形化することに重きをおいたので、付着強度自体の絶対値が現行の方法による値に比べ大きくなる傾向を示した。鉄筋径同士の関連性を出すためには、付着長さや

せん筋寸法に関しては再検討する必要がある。

今後、付着長さやせん筋寸法等の供試体諸条件が、付着性能に及ぼす影響を更に検証した上で、付着性能を相対比較する試験方法の提案をしていきたい。

【参考文献】

- 1) 建材試験センター：昭和48～50年通産省工業技術院委託「構造材料の安全性に関する調査研究報告書」
- 2) 日本コンクリート工学協会：JCI規準集（1977～2002年度），pp.254-255,2004.4

*執筆者

若林 和義(わかばやし・かずよし)
中央試験所 材料グループ 主任
コンクリート主任技士
従事する業務：コンクリート、れんが、
金属等の無機系材料の品質性能試験



棟換気材の性能試験

(発行番号: 第 15A3962 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(抜粋・編集して掲載)。

試験名称	棟換気材の性能試験	
依頼者	伊藤工業株式会社	
試験項目	防水性	
試験体 (依頼者提出資料)	<p>試験体(換気材)寸法: 910mm×195mm 試験体材料 換気材: 溶融亜鉛-アルミニウム-マグネシウム合金めっき鋼板 厚さ 0.4mm 防水材: アスファルトルーフィング 野地板: 構造用合板 屋根勾配: 4/10 試験体写真: 写真1, 写真2 備考: 本試験体は瓦葺き屋根材に設ける換気材である。本試験では実施工に合わせて試験体を設置した。</p>	
試験方法	<p>試験は、写真3に示す送風散水試験装置を用いて実施した。 試験体に対し毎分4Lの散水を行い、風速10m/s～35m/sまで5m/sピッチで風速を上昇させた。 その際、試験体から小屋裏側へ生じる漏水を観察した。 試験条件を以下に示す。</p>	
	試験条件	<p>送風機吹き出し口寸法: 1250mm×400mm 試験風速: 10, 15, 20, 25, 30, 35m/s 試験時間: 各10分 散水量: 4L/min</p>
試験結果	<p>風速10m/sから30m/sまでの送風散水において、漏水は認められなかった。 風速35m/sにおいて、換気材端部からにじみ出しが認められた。 試験結果を表1に示す。</p>	
試験期間	平成28年2月1日	
担当者	<p>環境グループ 統括リーダー 和田 暢 治 主幹 松本 知 大 宮下 雄 磨 (主担当)</p>	
試験場所	中央試験所	



写真1 瓦施工前



写真3 送風散水試験装置



写真2 瓦施工後

表1 防水試験観察結果

風速	漏水状況
10	漏水なし
15	漏水なし
20	漏水なし
25	漏水なし
30	漏水なし
35	換気材端部からにじみ出し

コメント・・・・・・・・・・・・・・・・

近年の木造住宅では、高気密、高断熱化が図られており、快適性、省エネルギー性が向上しています。その一方で、居室内から発生する水蒸気や建物外皮から浸入する雨水等による湿害の発生リスクが懸念されています。そのため、今日では床下・外壁・小屋裏といった建物外周部に換気部材と通気層を形成する通気工法が一般的に採用されており、温度差や風で生じる通気（空気の流れ）によって乾燥と放湿が期待されています。しかし、ここで採用される換気部材は、屋外に面して設置されることが多く、湿害軽減を図る部材が逆に雨水浸入の弱点にもなり得てしまう可能性があるため、防水性能を合わせ持つことが要求されます。

今回、伊藤工業（株）から提供された棟換気材は、瓦屋根葺き材の棟部に設置される換気部材です。棟は建物最頂部に位置しており、風雨の影響がもっとも大きい場所と言え、高い

防水性能が要求されます。本試験では、毎分4Lという非常に多い降雨を維持させ、風速を10m/sから35m/sまで段階的に上昇させ、小屋裏側への雨水浸入を目視によって観察しました。その結果、風速30m/sまで漏水がなく、35m/sで換気材端部からのにじみ出しが認められましたが、非常に軽微な漏水に留まり、小屋裏内への影響は認められませんでした。

このように通気工法に用いる換気部材は、防水性能を有することが求められ、加えて、乾燥と放湿を行うための十分な通気性能も合わせ持つことが期待されています。この両者性能は相反する関係性を持つとも言われますが、個々の性能を十分把握した上で建物に設置されるべきと考えられます。

建材試験センターでは防水性及び通気特性試験も実施しておりますので是非ご活用ください。

（文責：中央試験所 環境グループ 統括リーダー代理 松本 知大）

試験設備紹介

200kN 全自動耐圧試験機

工事材料試験所 横浜試験室

1. はじめに

工事材料試験所では、コンクリート圧縮強度試験の増加に伴い、実施から報告書発行までの省力化や効率化を図るため、試験機の自動化および圧縮計測システムを導入し、報告書発行に迅速な対応を行ってきました。

近年、耐震改修工事の増加に伴い、無収縮モルタル等の圧縮強度試験の依頼が増加しているため、モルタル強度試験用の圧縮計測システムの導入に合わせて平成25年8月に200kN全自動耐圧試験機(写真1)を設置しました。



写真1 200kN全自動耐圧試験機

2. 試験機の概要

本試験機は、省スペースな一体構造型の圧縮・曲げ試験機です。また、試験機には5kN～200kNまで6段階の荷重レンジがあるため、低強度のモルタル曲げ試験(写真2)や荷重制御による一部の改良土等の強度試験にも別途用意し

たロードセルの取付け・設定作業が不要となり、すみやかに試験を実施できます。また、使用レンジの95%になると上位レンジへ自動的に切り替わるオートレンジアップ機能があるため、目標強度が不明な材料でも、最適なレンジで試験可能です。

液晶タッチパネルで自動制御用の荷重速度を容易に設定することができるため、さまざまな試験に対応できます。また、自動制御により同一条件での試験を実施できるため、試験の精度が向上します(写真3)。

試験結果は、本試験機から圧縮計測システムへ瞬時に転送されます。転送された試験結果は、大型ディスプレイに表示されデジタル黒板として機能し、立会試験などの写真撮影も正確かつ鮮明な記録ができます(写真4)。



写真2 モルタル曲げ試験



写真3 装置の設定パネルの状況

モルタルの圧縮強度試験			
依頼者名	工事材料試験所		
工事名称	横浜試験室		
打込箇所	200kN 試験機		
養生方法	標準養生		
打設日	平成 28年 1月25日	試験材齢	28日
試験日	平成 28年 2月22日		
記号・番号	最大荷重(kN)	圧縮強度(N/mm ²)	
1	100	50.9	
2	100	50.9	
3	100	50.9	
平均	—	50.9	
立会者			
試験場所	一般財団法人 建材試験センター 工事材料試験所 横浜試験室		

写真4 デジタル黒板

本試験機の主な仕様を表1に示します。

表1 試験機の主な仕様

形式	ACA-20S-F1
最大秤量	200kN
荷重レンジ	6段 200, 100, 50, 25, 10, 5kN
ラムストローク	0～100mm
ラムスピード	約0～80mm/min
有効柱間隔	225mm
上下耐圧盤間隔	0～300mm
試験力表示方式	デジタル表示(アナログ目盛板付) 5桁, 表示単位kN ピークホールド/トラック切替機能 表示分解能:フルスケールの0.05%以下
適合規格	JIS B 7721圧縮試験機1級品
球座形状	φ108mm
製造会社名	(株)前川試験機製作所

3. 実施可能な試験項目

本試験機で実施可能な主な試験項目および試験規格を表2に示します。

表2 主な試験項目および対応する試験規格

試験項目	試験規格
セメントミルク, モルタル, グラウト, SPRモルタルの圧縮強度試験(φ5×10cm)	JIS A 1108(コンクリートの圧縮強度試験方法) JSCE-G521(プレパッドコンクリートの注入モルタルの圧縮強度試験方法)
モルタルの曲げ・圧縮強さ試験(4×4×16cm)	JIS R 5210(セメントの物理試験方法)

4. おわりに

横浜試験室では、今回紹介した200kN全自動耐圧試験機による各種強度試験のほか、土木、建築工事に使用するコンクリートの圧縮強度試験、鉄筋および鋼材の各種引張・曲げ試験、フレア溶接継手の引張・マクロ試験にも対応しています。また、耐震診断に伴うコンクリートコアの圧縮強度、中性化深さ、塩化物イオン量の試験、ソフトコアリングによるφ18～26mmまでの小径コア試験など、幅広く迅速に対応しています。

【試験に関するお問い合わせ先】

横浜試験室

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

また、工事用材料試験に関するお問い合わせは、上記の横浜試験室の他、下記までお願い致します。

【工事材料試験に関するお問い合わせ先】

・武蔵府中試験室

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

・浦和試験室

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

・船橋試験室

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

(文責: 工事材料試験所 横浜試験室 室長 古山 英資)

JIS A 1304 (建築構造部分の耐火試験方法)の改正原案作成について

— 改正原案作成委員会の審議・検討概要報告 —

1. はじめに

JIS A 1304 (建築構造部分の耐火試験方法)は、1951年に制定されたJIS A 1302 (鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造および鉄骨コンクリート造の防火被覆試験方法)を前身として、1959年(昭和34年)に制定された試験方法規格である。本JISは、同年の建設省告示第2544号において引用されるなど、建築基準法における耐火構造を指定する試験方法としての役割を持っていた。しかしながら、2000年6月の同法改正以後、耐火構造にかかる試験方法は当センターをはじめとする指定性能評価機関が国土交通省の監督下で独自に規定することとなり、現在では本JISによる耐火試験が行われる機会は殆どない。

本JISは制定後から現在に至るまで、3回の改正と1回の追補改正が行われており、その概略を以下に記す^{文献1)}。

1) 1965年(昭和40年)：1回目改正

鋼構造における許容鋼材温度(最高・平均)が規定されるなど、超高層建築物にかかるニーズが高まり法整備が進む当時背景のもと、鋼構造耐火被覆工法への対応を主目的とした改正であった。衝撃試験については、この改正から規定され、以後注水試験を代替する位置付けとして運用された。

また、本改正JISは、建築基準法における耐火構造の指定方法を規定した同年の建設省告示第1193号(昭和34年建設省告示第2544号の改正版)とほぼ同内容であった。

2) 1975年(昭和50年)：2回目改正

これまでは対象外であった屋根に関して試験体の構造、載荷荷重、許容たわみが規定されるなど、当時開発、普及が進んでいた多様な屋根構法への対応を目的とした改正であった。

本改正JISは、昭和44年建設省告示第2999号(昭和40年建設省告示第1193号の改正版)とほぼ同内容であり、先行して改正されていた当該告示内容に合わせたものであった。

3) 1994年(平成6年)：3回目改正

国際単位系(SI)を採用し、あわせてJIS Z 8301(規格票

の様式)に従って項目配列、用語、字句などを修正した。

4) 2011年(平成23年)：追補改正

引用規格を最新版に置き換えるために、追補による形式的な改正を行った。

昭和44年建設省告示第2999号(耐火構造の指定の方法)は、2000年5月末日で廃止されており、この頃は既に、耐火試験は国内試験機関(指定性能評価機関)が定める「防耐火性能試験・評価業務方法書」(以下、単に“業務方法書”と記す)による方法が主流となっていた。

なお、原案作成団体については、元来(一財)日本建築センターであったところ、2012年に移管され、以来、当センターが受け持つこととなっている。

今回の改正原案作成は、2014年に実施した工業標準化法に基づく改正等の見直し調査において、業務方法書や対応国際規格との整合化が検討課題として指摘されたことから、試験方法の標準規格として実情に適った内容に改正するために行ったものである。平成27年6月から当センター内にJIS A 1304改正原案作成委員会(委員長：菅原進一 東京理科大学 総合研究機構 教授)を組織して行い、審議した改正原案を平成28年2月に一般財団法人日本規格協会に提出した。

以下、JIS A 1304の改正原案作成における主な審議・検討事項の概要について紹介する。

2. 改正原案の作成にあたり審議・検討した内容について

改正原案作成に先立ち、対応国際規格であるISO834シリーズの当該パート(以下、単に“ISO834”と記す)に対する整合化の方針が確認された。ISO834は1975年に制定後、1999年に概ね現在の内容に改正され、パートの追加や小改正を経て現在に至っている。現在の試験方法の主流である業務方法書は概ねISO834に沿った内容となっており、また、国際整合化の必要性が指摘されていることから、本改正原案は原則としてISO834を採用し、一部を国内実情に合わせた内容とすることとした。

主な審議・検討事項を以下に示すが、国内実情に合わせるためにISO834と異なる規定とした事項及び現行JISの内容を継続する事項を中心に審議・検討が行われた。

- (1) 適用範囲 (性能基準及び判定の除外など)
- (2) 用語及び定義 (新たに規定)
- (3) 試験体の構造及び養生
- (4) 試験装置 (加熱炉など)
- (5) 測定装置及び適用方法 (加熱温度測定装置など)
- (6) 試験条件 (試験条件の逸脱, 加熱温度条件など)
- (7) 試験手順並びに開始及び終了の定義

2. 1 適用範囲

この審議で特に問題となった事項は、次のとおりである。

1) 試験の対象

規格名称中の「建築構造部分」が、建築物を構成する柱、はり、壁、床、屋根などの部材のうち、荷重を支持する部材のみを意味しているのか、荷重を支持しない壁及び天井のような“非耐力”の部材までもを包含しているのか審議があった。ISO834においては、荷重を支持しない部材を含めた試験法が規定されていること、及び業務方法書においても非耐力の試験が規定されていることを踏まえ、本規格の対象である「建築構造部分」には、このような非耐力部材も含まれることを確認した。このことを明示するため、「建築物の壁 (荷重を支持しない壁を含む。), 柱, はり, 床及び屋根 (天井を含む。) などの構造部分」が対象であることを適用範囲の箇条に明記した。

また、現行JISでは、鉄筋コンクリート構造、鋼構造 (鉄骨ラーメン構造) などの不燃性の材料からなる部材への適用を前提としていることに対し、建築基準法等の性能規定化及び試験技術の向上によって、現状では木構造などの耐火試験も多く実施されていることから、木質系をはじめとする不燃性以外の材料からなる部材も本改正原案の対象であることが、審議の上、確認された。

2) 性能基準及び判定

本改正原案では、建築構造部分の耐火性能を把握するための標準的な耐火試験の方法を規定するにとどめることとした。すなわち、現行JIS及びISO834で規定されるような、許容温度・許容変形量などの性能基準、判定上のルール、結果の拡張適用のルールなどについて、本改正原案では、極力規定しないこととしている。試験で得られた結果をどのように評価するかについては、新たな構法への対応、新たな知見の利用など、柔軟な運用が必要とされるところであり、規定

事項 (標準化の対象) からは除く方向で改正原案作成が進められた。序文においては、試験結果の適否や判定基準については、建築基準法及び関係法令、消防法及び関係法令等に定められる要求性能・技術基準によって規定されるものであることを明記した。

また、規格名英文についても、現行JISをベースに検討が行われ、本改正原案では“Method of fire resistance test for elements of building construction”とした。ISO834の規格名は“Fire-resistance tests - Elements of building construction”であるが、本改正原案では、性能基準と判定を含まず試験方法の部分のみを規定していることを示す意味で、“Method of …”の表記としている。

なお、現行JISの規格名英文は“Method of fire resistance test for structural parts of buildings”であるが、“建築構造部分”の英語表記について、荷重を支持しない壁及び天井のような非耐力部材が含まれないと解釈されることがないよう、ISOに合せて変更することとした。

3) 注水試験及び衝撃試験

現行JISに規定される注水試験及び衝撃試験は、現在では国内試験機関において行われておらず不要とする意見もあったが、将来的に国際規格化される可能性があり、選択的な追加試験として本改正原案の附属書に残すこととした。

2. 2 用語及び定義

用語及び定義は、現JISでは規定がないが、ISO834の用語及び定義に基づき、本改正原案の内容に応じて新たに規定した (表参照)。

この審議で特に問題となった事項は、次のとおりである。

1) 標準加熱曲線

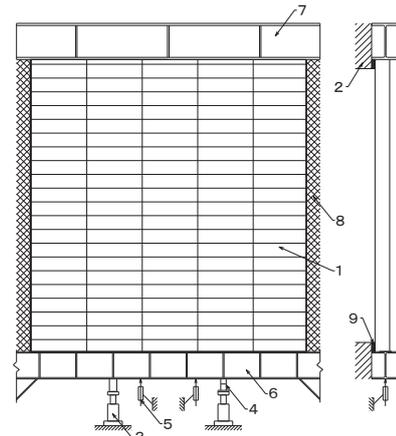
現行JIS及び消防法関連告示などで“標準曲線”と表記されているが、加熱温度にかかる試験条件にあたることを明確にするため、変更することとした。なお、旧用語である“標準曲線”も当該告示などでの引用に対し読み替えができるよう、併記することとした。

2) 非加熱面温度

現行JISの“裏面温度”と実質的に同義であり、業務方法書でも“裏面温度”と表記されているものであるが、本改正原案ではISO834での英文用語“un-exposed surface”を和文に直訳して採用することとした。なお、旧用語である“裏面温度”が“非加熱面温度”と同義であることは、本文規定中に記述を残すこととした。

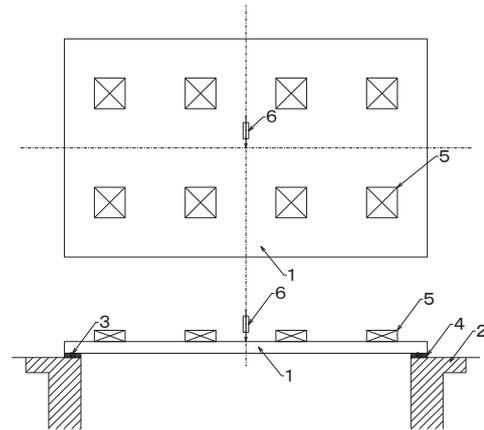
表 本改正原案における用語及び定義一覧

用語和文	用語英文	定義
建築構造部分	elements of building construction	建築物を構成する部材。壁, 床, 屋根, 柱, はりなど。 注記 この規格では, 単に“構造部分”という。
耐火性能	fire resistance	構造部分が, 一定時間内, 標準化された火災加熱 (以下, 単に“加熱”という。) に対して, 所要の荷重支持能力や遮炎性能, 遮熱性能, その他の防火上の要求を充足する能力。
耐火試験	fire resistance test	構造部分の耐火性能を評価するための試験。
遮炎性能	integrity	片面から加熱を受ける構造部分が火炎及び高温ガスの通過又は非加熱面での火炎の発生を制限する能力。
遮熱性能	insulation	片面から加熱を受ける構造部分が非加熱面の温度上昇を一定以下に制限する能力。
荷重支持能力	load bearing capacity	加熱を受ける構造部分が崩壊せず荷重を支持する能力。耐火試験においては変形量や変形速度を一定以下に制限する能力。
加熱炉	test furnace	試験体に対して, 制御された状況のもと, 加熱を行うための装置。
加熱温度	furnace temperature	加熱するときの加熱炉内における温度。
標準加熱曲線	standard time/temperature curve	試験条件として加熱温度の時間的変化を示した曲線。 注記 単に“標準曲線”ともいう。
加熱時間	duration of heating	試験体を標準加熱曲線に従って加熱する継続時間。
時間温度面積	area under the time/temperature curve	加熱時間の経過に伴う温度変化を示す曲線の積分。
炉内圧力	pressure in the furnace	加熱炉外の大気圧との差圧として表された加熱炉内の圧力。
加熱面	exposed surface	加熱炉に向け加熱されるように設置された試験体の表面。
非加熱面温度	unexposed surface temperature	試験体の非加熱側表面において測定される遮熱性能の指標となる温度。
火炎	flame	気体が燃焼によって発光している部分。
着火	ignition	可燃物が燃焼を開始すること。
赤熱	glowing	火炎は出さないが, 熱によって光ること。
発炎	flaming	火炎がでること。
耐火被覆材	fire protection material	耐火性能を高めることを目的とした被覆に使用する材料。



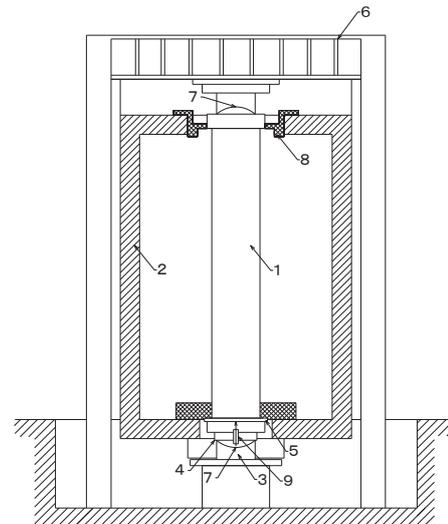
1. 試験体(壁), 2. 加熱炉, 3. ジャッキ(載荷装置), 4. ロードセル, 5. 変位計, 6. 荷重分配ばり, 7. 試験体取付用枠(載荷枠), 8. 及び 9. 無機質系断熱材(充てん材)

図1 荷重を支持する壁の試験装置の例



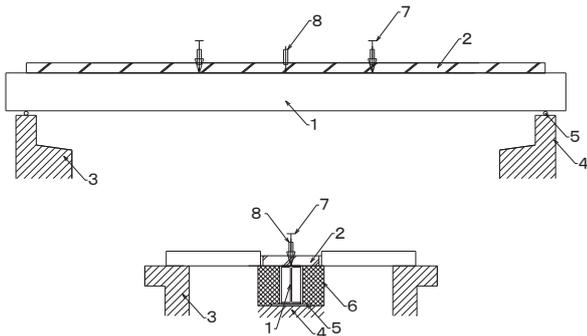
1. 試験体(床及び屋根), 2. 加熱炉, 3. ローラー又は棒, 4. 無機質系断熱材(充てん材), 5. おもり(載荷装置), 6. 変位計

図2 床及び屋根の試験装置(単純支持)の例



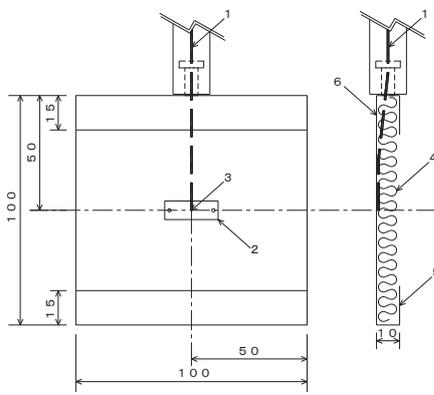
1. 試験体(柱), 2. 加熱炉, 3. ジャッキ(載荷装置), 4. ロードセル, 5. 加圧板, 6. 試験体取付用枠(載荷枠), 7. 球座(ピン), 8. 無機質系断熱材(充てん材), 9. 変位計

図3 柱の試験装置の例



1. 試験体(はり), 2. 上蓋, 3. 加熱炉, 4. 支持部, 5. ローラー又は棒,
6. 無機質系断熱材(充てん材), 7. 加力点, 8. 変位計

図4 はりの試験装置(単純支持)の例



1. シース熱電対, 2. スポット溶接又はねじ留めされた鉄鋼片,
3. シース熱電対の測温接点, 4. 断熱パッド, 5. 厚さ $0.7 \pm 0.1\text{mm}$ のニッケル合金板,
6. プレート面(測定面)

図5 プレート温度計

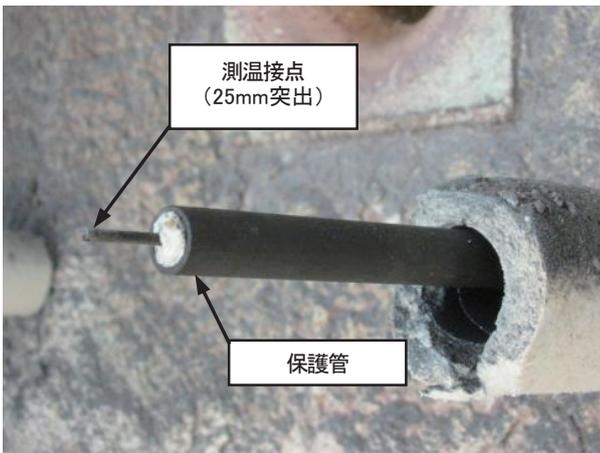


写真 シース熱電対(加熱温度測定装置)

2.3 試験体の構造及び養生

試験体は、ISO834では、部材[壁、床及び屋根(天井を含む)、荷重を支持しない天井、柱、はり]ごとに規格をパートに分けて規定しているが、本改正原案では、一つの箇条に集約・整理した。

この審議で特に問題となった事項は、次のとおりである。

1) 試験体の大きさ

試験体の大きさはISO834に規定する標準の大きさを採用した。ただし、本改正原案では、ISO834では規定されていない床の上面を加熱する場合の大きさについて、業務方法書に合わせて、下面を加熱する場合の大きさより小さい寸法として規定した。

なお、標準の大きさのほかに「実際のものと同じにする」と規定しているが、尺度を縮小した試験体は用いないという主旨であることが確認された。

2) 試験体の含水率

試験体そのものを確認する方法と代表試料を作成して確認する方法があり、規定すべき対象は基本的には試験体が完成した状態(材料の複合体)で考えるべきで、試験体と代表試料を適切に使い分けられるようにすべきとの議論があった。試験体の含水率の計算方法を規定するかどうかについては、記載の内容はISO834で規定されている程度でよいと判断され、考え方を示す程度にとどめることとした。また、“試験体の強度や水分含有量が実際の仕様と近似であることの確認”の方法については、ISO834では“平衡含水状態は、24時間間隔で連続して2回の質量測定を行い、試験体の質量が0.1%以上変わらないときに達成される”とあるが、例えば、鉄骨造の試験体の質量は水分を含むことのない鉄骨が通常大部分を占めるため、0.1%以上質量が変わらないことを確認しても、含水状態の確認としては適当ではない場合があることから、この確認において代表試料を用いてよいことを明記した。

3) 床及び屋根、並びにはり試験体の支持部分の構造

ISO834では実際の支持条件に応じて寸法等定めているが、本改正原案では多くの場合、単純支持に置き換えて評価されることを想定し、具体的に規定しないこととした。

2.4 試験装置

試験装置の各種試験体を含めた全体構成について、ISO834に示される図を参考としつつ、国内試験機関の実態に合わせた図示を行うこととした(図1～4参照)。

この審議で特に問題となった事項は、次のとおりである。

1) 加熱炉

ISO834では酸素濃度を含めた加熱炉の校正方法などを規定しているが、本改正原案では原則的な規定に留めることとした。また、加熱炉の内張りは試験体を受ける熱的条件(加熱強度)に影響すると言われているが、国内試験機関の実情に合わせ、厚さなどの詳細を除いた上でISO834を採用し、

密度が1000kg/m³未満の材料で加熱炉の内部表面の過半を構成することとした。

2) 試験体取付用枠

ISO834では荷重を支持しない壁の試験に用いる場合について剛性(変形制限値)を規定しているが、国内試験機関の実情に合わせ、本改正原案では具体まで規定せず試験体の構造に応じて条件を緩和できるようにした。

2.5 測定装置及び適用方法

この審議で特に問題となった事項は、次のとおりである。

1) 加熱温度測定装置の仕様

本改正原案では、国内での業務方法書に基づく建築基準法耐火構造認定に係る試験の運用実態にあわせて、現行JISの先端封じ型の保護管に収めたJIS C 1602に規定する熱電対の使用は廃止し、先端開放型の保護管に収めたJIS C 1605に規定するシース熱電対(写真参照)をえるように変更した。また、ISO834で規定されるプレート温度計(図5参照)についても、選択的に用いることが出来るよう、併記することとした。

なお、プレート温度計とシース熱電対を用いて加熱温度を測定した結果、加熱開始3分までに差異があるものの総合的には両者に大きな差異がないことが確認されている。

2) 加熱温度測定装置の適用方法

ISO834では、測定点の配置方法について、炉壁からの離隔距離など詳しく規定されているが、国内試験機関の実情に合わせ、所定の加熱条件を確かかつ均一に与えるべきことを述べるにとどめ、具体まで規定しないこととした。

3) 遮炎性能の目視確認

本改正原案では、遮炎性能の確認は通常目視によるものと規定した。なお、目視確認の方法及び判断基準については、観察者による違いなどの懸念があり、より具体的に規定すべきではないかとの意見もあったが、現状、具体化した規定が困難であるため、単に方法を目視と規定するに留めることとした。

4) コットンパッド及び隙間ゲージ

遮炎性能の測定装置としてのコットンパッド及び隙間ゲージに係る規定は、ISO834と整合化するため本改正原案でも取り入れたが、現在、国内試験機関では運用されていない実情から、選択的な位置付けとした。

5) 固定熱電対の取付け位置

本改正原案をISO834に整合させる上で、国内試験機関での実運用が適合するかどうかを審議した。その結果、実運用の配置方法は、原則的なレベルで適合しており、固有の試験

体構造に応じて、規定から外れない範疇で調整されたものと考えられたため、ISO834の規定をそのまま採用した。

6) 固定熱電対の取付け方法

本改正原案では、試験体表面への取り付けはガラス繊維又はアルミニウム製のテープを用いることを原則とし、ISO834で規定される耐火接着剤は試験体表面の状態によりテープの貼り付けに支障がある場合等の代替手段として位置付けることとした。耐火接着剤を使用する場合には、銅ディスクへの付着を避けるとともに、水分が残っているとその吸熱による温度測定への影響が懸念されるので、十分乾燥させる必要がある。

2.6 試験条件

1) 試験条件の逸脱

ISO834では、より厳しい状況で試験が行われた場合について規定外(許容誤差範囲外)の試験条件でも試験が成立し得ることを認め、その結果が有効なものとする事ができると規定しており、本改正原案でもこれを採用した。これにかかる審議として、規定の試験条件からの逸脱については、その事由並びに超過の数値及び時間などの逸脱の程度を報告書等で明らかにすべきであること、有効と認める際には当事者間で十分協議されるべきであること、最小限の逸脱となるよう努めるべきであることなどが確認された。

なお、本改正原案では、本規定を採用するにあたり、ISO834で対象としている加熱温度、炉内圧力、雰囲気温度のほか、荷重なども含めた試験条件全般を対象とすることとした。実際には、可燃物を多く含む試験体が自己燃焼した場合の加熱温度条件の超過、パイロットバーナー(口火)を備えた加熱炉における試験開始前の加熱炉内温度条件の超過、試験体に急激な変化が生じた際の炉内圧力又は荷重条件の超過などが対象となり得るとして審議された。

2) 加熱温度条件

本改正原案では、標準加熱曲線A(今回の改正でISO834から採用した規定)と標準加熱曲線B(現行JISの“標準曲線”を踏襲した規定)の2つの加熱条件を選択できるように規定した。ISO834との国際整合化と現行JISを引用対象とする法令等維持の双方に配慮することが必要であった。図6に示すような温度の差のほか、時間温度面積の許容差についても、標準加熱曲線Aでは30分で5%以内・60分以降2.5%以内であるのに対し、標準加熱曲線Bでは60分まで10%以内・120分まで7.5%以内・120分超5%以内と、違いが顕著であるが、そのような背景から、それぞれ内容を変えることなく併記することとした。

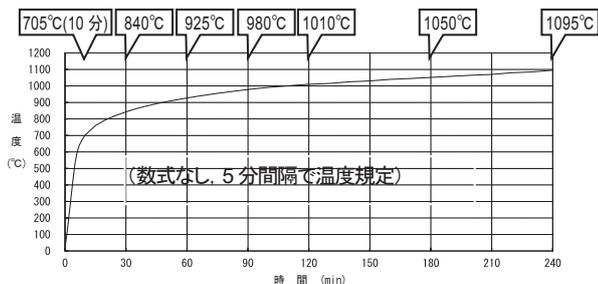
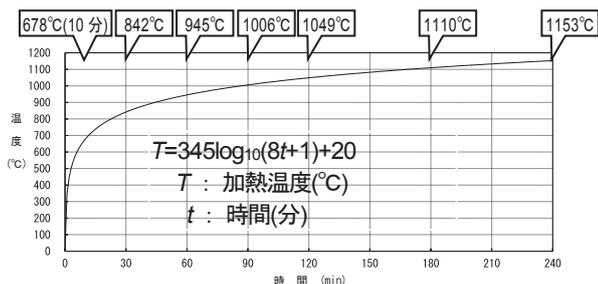


図6 標準加熱曲線（上：A / 下：B）

3) 拘束条件及び境界条件

ISO834では、試験中の各端部の拘束状態や境界条件（周辺部材に対する熱移動等）について実際の使用時を再現させる趣旨の規定となっているが、通常は、実際の使用時の特定は容易ではなく、その耐火試験での再現及び確認には限界がある。このため本改正原案では、「試験体は、試験中の各端部の拘束状態や境界条件（周辺部材に対する熱移動等）が実際の使用時と近似となるよう考慮して、…」と述べるにとどめることとした。

4) 試験室内の環境条件

ISO834では雰囲気温度を $20 \pm 15^\circ\text{C}$ と規定しているが、我が国の環境においては、季節によって満足できない場合もあるため、本改正原案では雰囲気温度は規定しないこととした。

2. 7 試験手順並びに開始及び終了の定義

1) 载荷の手順

本改正原案では、試験開始の15分以上前から载荷を行い、安定を確認した後に試験を開始することとするISO834の規定を採用した。また、試験中は変形にตอบสนองさせ、要求値の荷重を試験体にかけるように規定したが、ここでいう要求値は一定値とは限らないことを確認した。

2) 試験の開始及びその定義

ISO834では、試験開始の条件の中に“開始時の試験体内部温度と非加熱面温度は $20 \pm 15^\circ\text{C}$ 、かつ雰囲気温度の 5°C 以内”と規定されているが、国内実情を調査した結果、冬季及び夏季においては、温度管理が難しいことが分かり、本改正原案では削除した。現行JISには規定されていない試験開

始前の初期温度などの確認及びその値の記録については、ISO834の規定を採用して規定した。また、試験開始のタイミングは、標準加熱曲線に従うプログラムが開始された時点であることを定義として明記した。

3) 試験の終了及びその定義

試験の終了のタイミングについては、国内実情においてはISO834で規定する試験の終了条件と必ずしも合致するものではなく、例えば加熱停止後における後追い測定、荷重支持能力喪失後における除荷状態での試験継続など、試験中の様々な状況に柔軟に対応できるように、規定を整えるべきことが議論された。その結果、本改正原案では、加熱、载荷、測定及び観察の完了が試験の終了であることに加えそれぞれ試験の途中で終了してもよいことを明記し、ISO834の規定を拡張した定義内容とした。

3. 懸案事項について

本改正原案では、標準加熱曲線は、ISO834による“標準加熱曲線A”と現行JISによる“標準加熱曲線B”とを採用して併記したが、将来的には、標準加熱曲線Aに統一すべきと考えられる。本改正原案に規定される加熱温度測定装置は、今回ISO834をベースとしたものに置き換わっているが、これは本来、標準加熱曲線Aを与える前提で規定されたものである（加熱曲線はこれを監視・制御する加熱温度測定装置の種類と密接な関係がある。）。このため、本改正原案では、旧来の標準加熱曲線Bによって試験した場合でも、試験体を受ける熱的条件は現行JISと異なるものとなり、現行JISからの継続性は厳密には保たれていない。

4. おわりに

JIS A 1304の改正原案作成委員会における主な審議・検討事項について紹介した。現JIS及びISO834のそれぞれに対し相違点があるが、総じて、国内試験機関（指定性能評価機関）の業務方法書とその運用実態を反映させた内容となっている。

【参考文献】

高野孝次・中村賢一：我が国における耐火試験方法の変遷と今後の方向、ビルディングレター、財団法人日本建築センター、pp.1-13、1993年3月

（文責：性能評価本部 性能評定課 主幹 常世田昌寿）

世界の伝統的建築構法

第5回 中国安徽省の古民家群 宏村・呈坎

芝浦工業大学 教授 南 一 誠

1. 安徽省黄山の集落

中国安徽省は上海の西部にあり、州都の合肥市がある長江の北側は平原の穀倉地帯であるが、南側は山岳地帯となっている(図1)。安徽省南部の主要都市、黄山市の周辺には明清時代に形成された集落が、山に囲まれて数多く点在している。

黄山の伝統文化は徽州文化と呼ばれ、敦煌文化、チベット文化と並ぶ中国三大地方文化の一つとされている。徽州文化は、宋の時代に始まり、歙県、黟県、休寧県、祁門県、績溪県、婺源県の6県から成り立つ徽州府において発達した文化である。墨、硯、紙、筆からなる文房四宝が代表的なものであるが、徽州建築もこの地域の文化を特徴づけている。

集落は千年近く前に形成されたものもあり、古くは戦乱を逃れて人々が移り住んできたことと伝承されている。風水思想により形作られており、「依山傍水」すなわち背後に山を持ち、水に面して配置されている。集落に川の水が引き込まれる場所は上水口、集落に引き込まれた水が出ていく場所は下水口

と呼ばれる。水が出ていく下水口は集落への玄関口となる重要な場所になるため、東屋などを建て、公園のような空間として構成されている(写真1,2,9)。



図1 中国安徽省、合肥市、黄山市の位置



写真1 宏村 南湖 下水口

2. 古民居の建築的特徴

この地方は「七分山」と言われ、山が多く平地が少ないため、農業には適さず、男は家を出て徽州商人として中国各地で材木や茶、米、塩などを交易する仕事を生業とした。商売で成功した徽州商人は、晩年、故郷に居を構える習慣があり、贅をつくした徽州建築が残されることになった。民家は細い街路に面して密集して建てられている。男が不在の住宅の防犯性や、防火性を高めるため、街路に面しては出入口以外の開口部はほとんどなく、閉鎖的に作られている。戸境壁は石や煉瓦を積んだ組積造であるが、建物は木造で、その多くは二階建てである。日本の卯建うだつに似た防火壁を隣地との間に設けており、それが集落の景観を特徴あるものになっている。防火壁は、その上端部の形が馬の頭に似ていることから馬頭壁と呼ばれている（写真6）。

馬頭壁は「金印式」（士官の印章の形に似

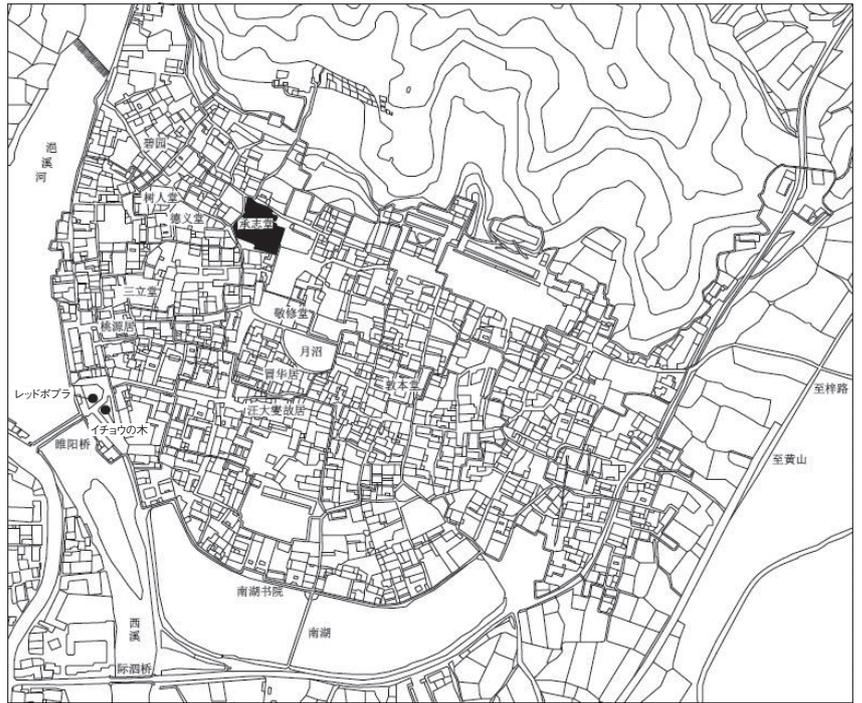


図2 宏村地図（胡天行 作図）



写真2 宏村 南湖 橋を渡って集落に入る



写真3 宏村 承志堂 玄関廻りの中庭

たもの)と「朝笏式」(古代の君子が持っている板の形に似たもの)の2つの形式がある。住宅は中庭に面して居室が配置されており、採光や通風は、この中庭から確保している。この地方の人々は雨水を富の象徴としており、天から降りそそぐ雨を中庭に受け止めて外に流さない中庭式住宅の空間構成は、蓄財に繋がるものと信じられていた(写真3,4,5)。

徽州建築の特徴の一つは、雪のような白漆喰の壁と、外壁の上部を縁取る黒瓦である。白と黒のモノトーンの集落は水墨画に例えられる。もう一つの特徴は、民家の随所に見られる石彫、木彫、磚彫からなる精緻な彫刻「三彫」である。石彫は建物の床など比較的低い箇所に、木彫は中庭廻りの建具や手摺、腰壁、欄間などの室内装飾に用いられている。磚彫は瓦に施された彫刻であり、出入口の上部や軒、屋根などの比較的高い箇所にすることが出来る。中庭形式の空間構成、白壁と黒瓦、精緻な彫刻が形作る古民居群は、実に多様で、一つとして同じ建物は存在していない。



写真4 宏村 承志堂 玄関廻りの中庭 見上げ



写真5 宏村 承志堂 玄関廻りの中庭に面する居間

3. 宏村の集落構造と古民居

宏村は黟県に位置する徽州建築の代表となる村であり、西通と共に2000年に世界遺産に登録されている(図2)。風水に則り計画されており、村の北側には雷嵐山らいらんさん、南側には南湖がある(写真1)。村へは南湖の水面を貫く橋掛かりのような道を通りアプローチする(写真2)。途中、太鼓橋を渡り、高くなった視点から、池の周囲を見渡すことが出来る。南湖は下水口であり、広々とした池は、生活用水が川に戻される前の浄化機能も担っている。集落の中に引き入れられた川の水は、迷路のような細街路の際を流れ、住民の炊事や洗濯などの生活用水として、また防火用水として用いられている(写真7)。水は住宅の敷地の中に引き入れられ、閉鎖的な中庭形式の住宅に冷気をもたらしている。

集落の中心には「月沼」と呼ばれる半円形の池がある(写真8)。宏村は牛の形になぞらえて語られることがあるが、その場合、月沼は牛の胃に、水路(水圳)は腸に、村の西側を流れる川に面したところに立つ大きな2本の木は角に例えられている。民家が狭い街路に面して密集して建つ宏村において、月沼は南湖を除けば、唯一広がりを感じることが出来る外部空間である。宏村の承志堂は、戦乱で混乱する19世紀中頃、塩の取引で巨大な財を成した汪定貴により建設された。部屋数は60もあり、面積は2千m²を超えるとされている(写真3,4,5)。



写真6 防火壁としての馬頭壁



写真7 水路(水圳)



写真8 宏村 月沼



写真9 呈坎 下水口

4. 呈坎の集落構造と古民居

ちえんかん

呈坎は、安徽省黄山市徽州区にある1000年以上の歴史を持つ古い集落である。この集落も風水の考え方に則り、北に山を望み、集落の中に川の水を引き込んでいる。集落の中は迷路のように99の小道が走り、外部の人間は一度、入ったら出られない構造になっている(図3)。豪邸を除けば住戸内部に専用の井戸はなく、飲料水は共同の井戸を使っていた。小道の際を流れる水路で、村人は今でも洗濯をし、野菜を洗う。水路には道より一段下がったところに小さな石が掛けられており、水路の水を使いやすくすると同時に、細い道を通る人の邪魔にならないように配慮されている(写真13)。

古民居は1階建てあるいは2階建てが多いが、裕福な商人が住んだ豪華な家は3階建てである(写真10,11,12)。そのような大きな家では、1階の奥に主人夫婦や祖父母の寝室があり、2階には子供の、3階には家政婦の寝室が配置されていた。居室の天井板の上部には砂が敷かれており、万一火事で天井板が燃え落ちた時は、砂が上から降って消火する役目が期待されていた。もっとも宏村が大火にみまわれたことはないとのことである。どの家も中庭に面した諸室の木彫が精緻で手のこんだものであり、井戸の底のような閉鎖的な中庭を、濃密な空間にしている。

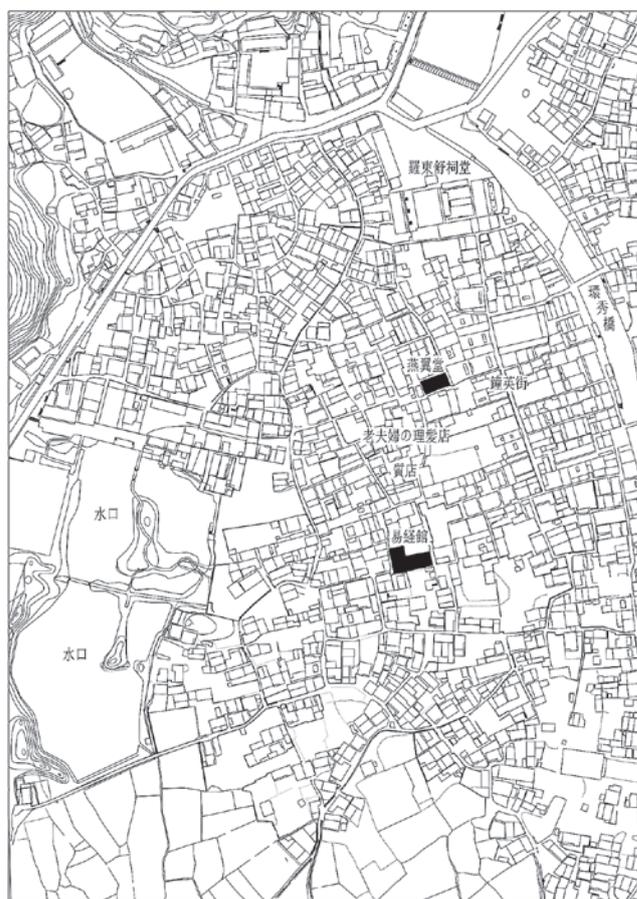


図3 呈坎地図 (胡天行 作図)



写真10 呈坎 えんよくどう 燕翼堂 通りに面した玄関の中庭



写真11 呈坎 い きょうかん 易经館 中庭廻りの精緻な木彫

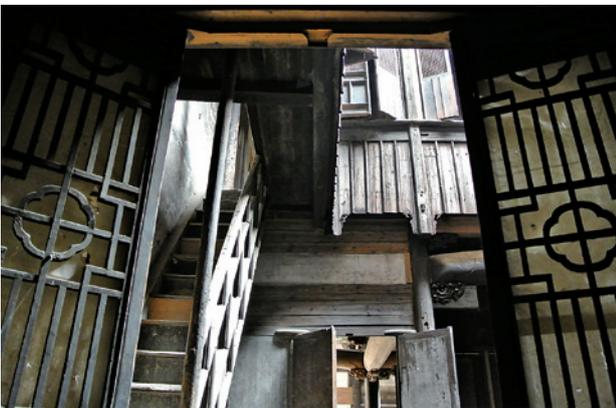


写真12 呈坎 燕翼堂 上層階に上がる階段

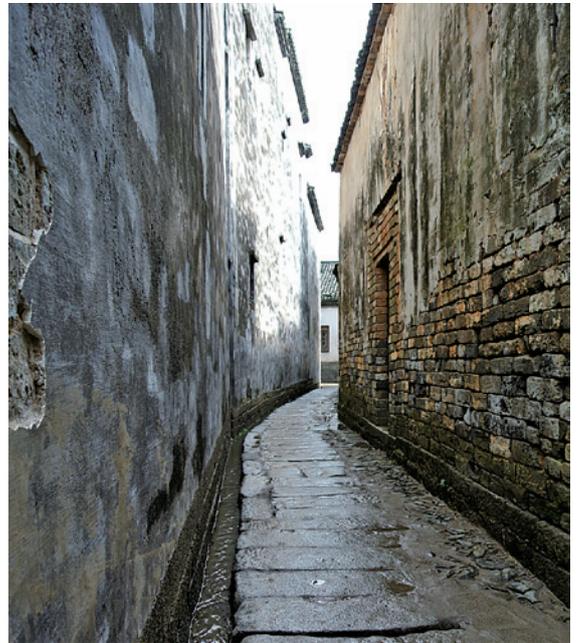


写真13 水路(水圳)

プロフィール

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

平成 28 年度事業計画

計画の概要

平成 28 年度のわが国経済は、緊急経済対策等の政策効果を背景に雇用環境が引き続き改善し、堅調な民需に支えられた景気回復が期待されているものの、新興国等の景気の下振れなど、世界経済の影響も懸念される。

建設投資については、政府建設投資は対前年度比で減少が予測されているものの、民間非住宅投資は、緩やかな回復が継続することが見込まれている。さらには、今後、2020 年に開催される東京オリンピック・パラリンピックを見込んだ投資も期待される。一方、民間住宅投資は、次年度に予定される消費増税の駆け込み需要が想定されるものの、前回ほどにはならないのではないかとという予測もある。

平成 28 年度は、「長期的な発展基盤の整備」を目標に掲げた「発展計画 2013」も計画期間が残り 2 年となる。中間段階で実施したレビューでは、各事業とも概ね計画通りに進捗している。

計画の大きな柱となる中央試験所の拡張・整備については、平成 27 年度の大きな目標であった新試験棟の整備着手が、開発許可手続き等もあって予定より若干遅れたものの、平成 28 年度後半の完成に向け、工事や試験機器の製作が順調に進行中である。既に整備を完了した工事材料試験所及び西日本試験所とともに、早期に整備効果を発現し、業績の向上に取り組んでいく。

製品認証事業については業務量がピークの年に当たること、性能評価事業についてはなお一定水準の需要が見込まれることから、顧客への情報提供の充実や IT システムを活用した業務の効率化等に取り組んでいく。また、ISO マネジメントシステム認証事業については、関連する ISO 規格の新規格への移行に伴う対応を充実することにより顧客の維持・拡大に努める。

1. 試験事業等

(1) 品質性能試験事業

中央試験所及び西日本試験所において、建設分野における材料・部材等の品質・性能を証明するための試験事

業を、材料・構造・防耐火・環境の各分野において総合的に実施する。

平成 28 年度においては、経済状況や行政施策等から、試験分野ごとに需要動向を予測し、事業を計画する。また、中央試験所の新試験棟が年度後半に完成することから、新規導入試験設備の稼働を見据え、構造・動風圧試験分野の需要開拓を図る。

① 材料試験分野

住宅建築の長寿命化やストックの修繕・更新の増加に対応した試験需要が引き続き好調であり、需要の確保に努める。

また、従来、中央試験所において環境グループで行ってきた分析関係業務を、材料グループにおいて実施する。

② 構造試験分野

中央試験所において実大建築物の構造試験を実施するほか、JIS 規格改定に伴う構造試験や木造建築物関連の構造試験、天井部材の耐震性に関する試験需要等が見込まれ、需要の確保に努める。

また、中央試験所に新たに導入する構造関連の試験設備の能力を活用し、大規模試験を中心とした業務開拓を図る。

③ 防耐火試験分野

ビル用防火設備の試験需要が引き続き見込まれる他、区画貫通や木造建築物関連の防耐火試験需要が見込まれ、業務効率の向上に努めつつ、需要に対応する。

④ 環境試験分野

省エネルギー化に対応した断熱性試験や音響試験分野における試験需要が引き続き見込まれ、需要確保に努める。

また、中央試験所に新たに導入する動風圧・設備関連の試験分野において、新たな業務分野の開拓を図る。

(2) 工事材料試験事業

工事材料試験所及び西日本試験所において、コンクリート・鋼材等の建築用材料試験、アスファルト・路盤材等の土木用材料試験について、迅速かつ公正な試験事業を実施する。

平成 28 年度においては、中核業務であるコンクリート圧縮試験・鉄筋引張試験を中心に試験需要の確保を図る。

また、住宅の基礎・地盤関連の試験の拡大に取り組む。

地域的には、仙台に開設した拠点を活用して、東北地域における業務エリアの拡大を図る。また、西日本地域においては、大型プロジェクトの進行に伴い、試験需要の確保に努める。

重要顧客であるコンクリート採取試験会社等については、サービス・支援内容を充実し、協力関係の強化を図る。

(3) 校正業務

計量法校正事業者として、熱伝導率校正板の校正及び頒布、一軸圧縮試験機の校正業務を行う。

また、塩化物含有量測定器の校正業務に加え、新たにコンクリート研磨機の校正業務を実施する。

(4) 技能試験プロバイダ業務

試験所及び校正機関の品質管理や技術水準の向上のため、NITE 認定センター (IAJapan) の承認のもと、コンクリート圧縮試験、骨材の塩化物量試験及び高分子系材料引張試験の3分野において、試験所間の能力・精度の比較を行う技能試験プロバイダ業務を行う。

2. マネジメントシステム認証事業

(1) ISO マネジメントシステム認証事業

ISO/IEC17021に基づく信頼性の高いマネジメントシステム認証機関として、品質マネジメントシステム (ISO9001) 及び環境マネジメントシステム (ISO14001) 等の認証事業を展開するとともに、新規事業分野における認証業務の拡大に取り組む。

平成28年度においては、品質・環境の両ISO規格の新規格への移行について、ギャップ分析サービス等を実施し、移行を円滑に進めることにより、既存顧客の維持を図る。また、労働安全衛生マネジメントシステムのISO45001への移行を契機とした顧客の拡大を図るとともに、アセットマネジメントシステム (ISO55001) 等の新規分野における業務の拡大に取り組む。

(2) 建設分野におけるカーボンマネジメント関連業務の推進

平成28年度においては、温室効果ガス (GHG) 排出量検証業務について、業務実施体制の見直し等を図る。

(3) ISO マネジメントシステム審査能力の向上

審査員の採用・教育・研修プログラムを充実し、新たな審査員の育成を図る。また、審査員の活用に関して、他

機関との協調体制づくりを進める。

(4) マネジメントシステム登録組織との信頼性の向上

マネジメントシステム登録組織との信頼性向上のため、ISO連絡会の充実、情報提供サービスの充実を図るとともに、個客管理を徹底する。

3. 性能評価事業

(1) 法令に基づく性能評価事業

建築基準法及び住宅の品質確保の促進等に関する法律に基づく指定機関並びに登録機関として、引き続き評価・認定等を実施する。

平成28年度においては、防耐火分野を中心として、引き続き一定水準の試験・評価需要が見込まれることから、人材の確保と実施体制の見直し等により業務処理能力の向上を図るとともに、新たな工程管理システムを活用し、業務の効率化に努める。

(2) 建設資材・技術等の適合証明事業

防耐火試験に関連する試験体の製作管理業務について、管理の厳格化への対応を進める。

また、建設資材や技術等について自己宣言基準や製造者団体の基準、第三者基準に基づき基準適合性を審査・証明する業務については、需要の動向を見極めつつ、業務内容の整理を検討する。

4. 製品認証事業

(1) JIS 製品認証事業

JIS マーク表示制度の登録認証機関として、JIS Q 17065に基づき信頼性が高く適格な認証業務を遂行していく。

平成28年度においては、認証維持審査のピーク年に当たることから、着実に審査を実施するとともに、審査業務の改善や業務処理の迅速化を図る。

また、審査の質の向上やセミナー等による情報提供を進め、顧客サービスを向上させるとともに、認証範囲の拡大、関連団体との連携強化、広報活動の充実等により新規需要の開拓を図る。

(2) JAS 認定事業

JAS 認定事業については、そのあり方について検討する。

(3) 業務の効率化

新認証業務システムを活用し、業務の効率化、迅速化等を進める。

(4) 審査能力の向上

職員及び審査員を対象として、定期的に研修会を開催するなど、要員の力量向上を図る。

5. 公益目的支出計画実施事業

(1) 調査研究事業

試験事業との連携を図りつつ、社会ニーズが高く、かつ、当財団の業務と密接に関連する分野を中心に調査研究業務を進めるとともに、調査研究分野のニーズ把握に努め、新規分野の開拓を図る。

(2) 標準化事業

当財団の実施する試験事業と関連する分野を中心に、JIS原案及び当財団の団体規格(JSTM)の作成業務を行うとともに、これまでに作成した規格のメンテナンス業務を行う。

国際標準化の分野では、ISOに関連する国内委員会の事務局業務を継続するとともに、関連機関における国際標準化活動に協力し、業務を実施する。

(3) 情報提供事業

機関誌「建材試験情報」、ホームページ、メールニュース等を活用して、試験技術、認証制度等に関する情報の提供を行う。

平成28年度においては、中央試験所の拡張・整備計画の進展を踏まえ、ホームページの充実を図るとともに、機関誌の発行形態の見直しを行う。

(4) 技術研修・検定事業

建設工事現場においてフレッシュコンクリートの採取試験を行う技能者を対象として、一般コンクリート及び高性能コンクリート採取技能者認定試験を実施し、コンクリート採取技能者の認定・登録・更新を行う。また、採取試験技能者の育成を目的として、実務講習会を実施する。

試験・講習の実施地区として、東京地区・福岡地区に加え、鹿児島地区・宮城地区でも実施する。

単位水量測定実務講習会等については、受講者の動向を踏まえて、見直しを行う。

6. その他の事業活動

(1) 品質システムの維持・管理

各事業所において、ISO/IEC 17025及び17021、JIS Q 17065等に基づいた品質システムを維持・向上させるとともに、内部監査体制の充実を図り、信頼性の高い第三者証明機関として顧客の要請に応える。

平成28年度は、工事材料試験所及び西日本試験所において、JNLAの更新審査を受審する。

(2) 施設・機器等の整備

① 中央試験所拡張・整備計画の推進

中央試験所の狭隘化、施設老朽化に対応するため、隣接地に確保した用地において建設中の新試験棟(構造・動風圧)において、大型構造物複合加力試験装置、大型送風散水試験装置等を整備する。

② 試験機器の更新・導入

熱伝導率試験装置(中央試験所)、1000kN万能試験機(工事材料試験所)、300kN曲げ試験機(工事材料試験所)、発熱性試験装置(西日本試験所)等試験機器の計画的な更新・導入を行う。

③ ITシステムの活用

業務の効率化を図るため、各事業所の業務システムの更新・新規導入を図るとともに、クラウドシステムを利用したデータ・サービスを検討する。

(3) 組織の改正

中央試験所において、技術開発・評価等の技術支援業務を強化するとともに、事前相談窓口として顧客サービスを向上させることを目的に、「技術課」(仮称)を設置する。

(4) 職員の教育・研修

技術の進化、事業環境の変化等に柔軟に対応できる職員を育成するため、新人から管理職に至るまで一貫した教育・研修計画を策定し、各層別を実施する。

また、外部の委員会活動等への参加、成果発表会の開催、提案研究の実施等を通じた能力の向上、自己啓発の促進に努める。

とくに、若手職員を対象とした品質管理に関する教育・研修、中堅・管理職員に対する研修においては、外部研修機関を活用することにより内容の充実を図る。

JISマーク表示制度に基づく製品認証登録

製品認証本部では、下記企業（4件）について平成28年3月2日および7日付でJISマーク表示制度に基づく製品を認証しました。

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

認証登録番号	認証契約日	JIS番号	JIS名称	工場または事業場名称	住所
TC0215003	2016/3/2	JIS A 5308	レディーミクストコンクリート	仙台生コンクリート(株) 本社工場	宮城県仙台市宮城野区 福室字県道前23番地
TC0515001	2016/3/7	JIS A 6517	建築用鋼製下地材(壁・天井)	八潮建材工業(株) 大阪事業所 大阪工場及び 埼玉第一工場 検査室	[大阪事業所 大阪工場] 大阪府門真市四宮5丁目2番13号 [埼玉第一工場 検査室] 埼玉県八潮市木曾根820番地
TC0515002	2016/3/7	JIS A 5011-4	コンクリート用スラグ骨材 -第4部:電気炉酸化スラグ骨材	ヤマトスチール(株)	兵庫県姫路市大津区吉美380番地
TC0815002	2016/3/7	JIS A 5372 JIS A 5373	プレキャスト鉄筋コンクリート製品 プレキャストプレストレストコンク リート製品	ジャパンパイル(株) 福岡工場	福岡県飯塚市鮫田タラ池149番14

ISO 55001 登録事業者

ISO審査本部では、下記企業（1件）のアセットマネジメントシステムをISO 55001:2014に基づく審査の結果、適合と認め平成28年3月26日付で登録しました。これで、累計登録件数は2件になりました。

登録事業者（平成28年3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
RA0002	2016/3/26	ISO 55001:2014	2019/3/25	(株) 環境システムサービス アセットマネジメント部門	東京都八王子市横川町1076番地 <関連事業所> 神奈川支店	下水道施設(管路施設及びマンホール形式ポンプ場施設)の保守・点検・調査・診断に関する業務

建築基準法に基づく構造方法等の性能評価

性能評価本部では、平成28年1月～3月の期間において、下記のとおり建築基準法に基づく構造方法等の性能評価書を発行しました。

性能評価完了状況（平成28年1月～3月）

※暫定集計件数

分類	件数
防火関係規定に係る構造方法(耐火・準耐火・防火構造, 防火設備, 区画貫通部措置工法, 屋根飛び火等)	100
防火材料(不燃・準不燃・難燃材料) およびホルムアルデヒド発散建築材料(F☆☆☆☆等)	19
その他の構造方法等(耐力壁の壁倍率, 界壁の遮音構造, 指定建築材料(コンクリート等)等)	7

建材試験センター規格 (JSTM) のご案内

当センター調査研究課では、団体規格として建材試験センター規格 (JSTM) の制定・改正を行い、規格の販売を行っております。

JSTMは、建築分野の材料、部材などの品質試験のための試験方法規格、構造材料の安全性、住宅の居住性、設備の省エネルギー性、仕上げ材料の耐久性などの試験方法を定めています。

JSTMの内容に関するお問い合わせやご購入をご希望の方は、以下までお問い合わせください。

【お問い合わせ】

経営企画部 調査研究課

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

URL : <http://www.jtccm.or.jp/biz/hyojyun/jstm.html>



平成 26 年度および平成 27 年度に制定・改正を行った規格一覧

年度	規格番号	規格名称	価格 (円)
平成 27 年度	JSTM H 8001	土工用製鋼スラグ碎石 【改正】	1,900
	JSTM K 6401-1	浸水防止用設備の浸水防止性能試験方法 第1部：浸水防止シャッター及びドア 【制定】	1,300
	JSTM K 6401-2	浸水防止用設備の浸水防止性能試験方法 第2部：浸水防止板 (止水板) 【制定】	1,100
平成 26 年度	JSTM H 6107	建築用材料の比熱測定法 (断熱型熱量計法) 【制定】	1,300
	JSTM J 6151	現場における陸屋根の日射反射率の測定方法 【制定】	1,400
	JSTM V 6201	業務用ちゅう (厨) 房に設置される排気フードの捕集率測定方法 【制定】	2,900
	JSTM H 1001	建築材料の保水性、吸水性及び蒸発性試験方法 【制定】	1,700

※価格は税抜表示です。

あとがき

錦織ブームに乗って、熱い思いを持って5年前にはじめたテニス。今も週1回の頻度でスクールに通っている。でも、3月、4月は仕事が多忙で、2か月間行かずじまい。レッスン仲間には、「また飲み会ですか。」とからかわれているけれど、半分は当たっているので否定できないでいる。

通っているスクールは、休んでも別の日にレッスンを受けることができるし、その期日もない。だから、ついつい仕事や飲み会を優先して休んでしまう。気が付けば、たまったレッスンの数は50回を超えているようだ。

当初の情熱は薄れ、継続性も欠けているから、当然テニスは上達しない。仕事もそうだが、何事も目標を持って継続することが大切だと改めて思う。わかってはいるのだけれど、なかなか実践できない自分もどかしい。

ところで、今年の新社会人が選ぶ理想の上司の第1位は、松岡修造だったと記憶している。意外に感じたが、今は情熱的な上司が求められているようだ。今年、所属部署にも新入職員が配属されるらしい。少し熱く接してみたい方が良いでしょうか。

(田坂)

編集たより

今月号の寄稿は、『日本建築学会賞（論文）2015年を受賞して「外気環境により劣化するRC外壁の目的指向型耐久設計技術の確立に関する研究』と題して、広島大学大学院 教授 大久保孝昭 先生にご執筆いただきました。

受賞論文は、RC外壁のひび割れ制御や剥落防止技術等について検討されたもので、建築物および住宅の耐久性、長寿命化向上に向けた技術確立への取り組みが高く評価されました。本稿では、受賞された論文の概要をご紹介します。是非ご一読ください。

大久保先生は、当センター技術委員として、職員の技術力向上に尽力されております。

当センターは、大久保先生をはじめとする各分野の先生方からのご指導をもとに今後も技術力の向上、人材の育成に取り組み、お客様の試験ニーズにお応えしてまいります。

(佐竹)

建材試験情報

5 2016 VOL.52

建材試験情報 5月号
平成28年5月1日発行

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

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

本誌の内容や記事の転載に関するお問い合わせは事務局までお願いします。

建材試験情報編集委員会

委員長

阿部道彦（工学院大学・教授）

副委員長

砺波 匡（建材試験センター・理事）

委員

石井俊靖（同・総務課主任）

守屋嘉晃（同・中央試験所構造グループ
統括リーダー代理）

田坂太一（同・中央試験所環境グループ主幹）

穴倉大樹（同・防耐火グループ）

佐藤直樹（同・工事材料試験所浦和試験室
室長代理）

深山清二（同・ISO審査本部主任）

木村 麗（同・性能評価本部性能評定課主幹）

山本圭吾（同・製品認証本部管理課）

早崎洋一（同・西日本試験所試験課主任）

事務局

鈴木澄江（同・経営企画部部長）

伊藤嘉則（同・企画課課長代理）

佐竹 円（同・企画課主任）

靄岡美穂（同・企画課）

制作協力（印刷・製本） 株式会社工文社

I n d e x

p1

巻頭言

熟練技能労働者が減少する中での技術開発
／国立研究開発法人 建築研究所 監事 角南 国隆

p2

寄稿

日本建築学会賞(論文)2015年を受賞して
「外気環境により劣化するRC外壁の
目的指向型耐久設計技術の確立に関する研究」
／広島大学大学院工学研究院 教授 大久保 孝昭

p8

技術レポート

引抜きによる鉄筋とコンクリートとの
付着強度試験の供試体小形化に関する検討
／中央試験所 材料グループ 主任 若林 和義

p14

試験報告

棟換気材の性能試験
／中央試験所 環境グループ 統括リーダー代理 松本 知大

p16

試験設備紹介

200kN 全自動耐圧試験機
／工事材料試験所 横浜試験室 室長 古山 英資

p18

規格基準紹介

JIS A 1304 (建築構造部分の耐火試験方法)の改正原案作成について
－改正原案作成委員会の審議・検討概要報告－
／性能評価本部 性能評定課 主幹 常世田 昌寿

p24

連載

建築に学ぶ先人の知恵

世界の伝統的建築構法
第5回 中国安徽省の古民家群 宏村・呈坎
／芝浦工業大学 教授 南 一誠

p30

平成28年度事業計画

p33

建材試験センターニュース

p36

あとがき・編集たより



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

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

建材試験センター	検索
----------	----