

建材試験情報

JTCCM JOURNAL

2021

11・12

November / December

Vol.57



- 02 **ご挨拶**
ごあいさつ
 理事長 渡辺 宏
 福水前理事長への感謝と渡辺新理事長への期待の気持ちを込めて
 常務理事・事務局長 松本 浩
- 寄稿 ● 04 **建築物の長寿命化と外壁改修技術**
 芝浦工業大学名誉教授 本橋健司
- 13 担当者紹介
- 特集 ● 14 **持続可能な発展に向けて**
～中央試験所 第一期施設機器整備事業の成果～
 (その1：構造試験棟)
 総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ 統括リーダー 上山耕平
- 18 **～中央試験所 第一期施設機器整備事業の成果～**
 (その2：動風圧試験棟)
 総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ 統括リーダー 萩原伸治
- 技術紹介 ● 20 **技術レポート**
ドローンを活用した建築技術や運用について
 国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ 主任研究員 宮内博之
- 26 **温度上昇時におけるコンクリート試験体の重量減少に関する考察**
 清水建設株式会社 技術研究所 建設基盤技術センター 防耐火グループ 山下平祐
- 32 **試験報告**
男性トイレ床の汚垂石に用いる薄型結晶化ガラスの繰り返し荷重試験
 総合試験ユニット 中央試験所 材料グループ 主幹 渡辺 一
- 34 **試験設備紹介**
建築音響測定システムの更新
 総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ 主幹 緑川 信
- 36 **規格基準紹介**
JIS A 4702(ドアセット)及びJIS A 4706(サッシ)の改正
 総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ 統括リーダー 萩原伸治
- 連載 ● 38 **研究を通して学んだこと**
 Vol.3 草ぶき屋根研究から学んだこと：趣味の研究も悪くない。
 東京工業大学 名誉教授 田中享二
- 43 VISITOR
- 44 **基礎講座**
コンクリートの試験の基礎知識
 Vol.5 コンクリートに使用される材料～混和材料：混和材～
 経営企画部 経営戦略課 主査 若林和義
- 46 NEWS
- 48 REGISTRATION

ごあいさつ

理事長

渡辺 宏



この度、一般財団法人建材試験センター理事長に就任いたしました渡辺宏でございます。前任の福水健文同様によりしくお願いいたします。

私ども建材試験センターは、1963年の設立以来、建築・土木分野における使用材料、部材、建具、設備機器などを対象とした試験事業を中心に行ってまいりました。信頼ある技術に立脚した公正・公平な試験事業や認証・評価事業を通じて、変革する経済社会とお客様のニーズに対して応え、我が国の安全・安心に貢献させていただいてまいりました。

現在、草加にある中央試験所において、新たな試験棟を整備しつつあるところであり、耐火試験におけるお客様からのニーズに更にきめ細かく対応できるような体制を整備し、2023年度からの稼働を目指しているところでもあります。お客様におかれましては、この新しい試験施設の利用を含め、当センターのより一層のご活用をお願い申し上げる次第です。

一方、この約2年、コロナ禍の中で、経済社会全体の構造に大変革を迫られている状況であると認識しております。このような変革期にありましても、お客様の移り変わるニーズにしっかりと対応していく所存です。

私たちは、第三者証明事業を通して住生活の向上を図り、社会基盤の整備に貢献するため、公正・公平で技術力のある信頼性の高い試験事業を引き続き誠実に遂行してまいります。そして、お客様と社会のニーズの変化に柔軟に対応してまいります。また、当センターの経営資源を総合的に活かして、試験事業を中核としつつ、お客様の潜在的な課題解決にもつなげられるよう、認証・評価・調査研究・標準化など総合力に基づくサービスも提案・提供してまいりたいと思っております。

引き続き、皆様方のご指導とご支援のほどをどうぞよろしくお願い申し上げます。

福水前理事長への感謝と 渡辺新理事長への期待の気持ちを込めて

常務理事・事務局長

松本 浩

9月30日付で福水健文前理事長が退任され、後任として渡辺宏理事が9月1日付で常務理事、10月1日付で理事長に就任されました。

福水前理事長におかれましては、2017年1月から常務理事、同年2月からは理事長として、「変化」をキーワードに、お客様サービスの向上と業務円滑化の観点から、

- ・組織体制や業務体制の見直し（ユニット化、業務実施迅速化、事務所や試験室の移転、支所の見直し等）、
- ・IT化の推進（クラウド化、ペーパーレス化、キャッシュレス化、電子決裁化、Webによる打合せや審査、認証等）、
- ・働き方改革の推進（テレワーク、フリーアドレス、副業解禁、週休3日導入等）、
- ・人事評価や人事異動の刷新、
- ・セグメント分析に基づいた財務構造の改善

など様々な分野で絶え間ない変革を進めて頂きました。

また、2020年以降はコロナ下の荒波の中でもそれまでと同様な利益を確保し、中央試験所第二期施設整備や各ユニットの基幹業務システムの更新を進めて頂きました。

心より感謝いたします。

渡辺新理事長におかれましては、コロナや社会経済の動向が不確かな中ではありますが、公正・公平な試験事業等を通じてお客様のニーズに的確に対応していく建材試験センターの持続的発展に向けて、私ども役職員をよろしくご指導頂ければと思います。

よろしく願いいたします。



福水前理事長と渡辺新理事長を囲んで

(写真左上から:丸山常任理事、真野常務理事、松本常務理事、砺波常任理事、
福水前理事長、渡辺新理事長)

建築物の長寿命化と 外壁改修技術

芝浦工業大学名誉教授

本橋健司



1. はじめに

地球温暖化防止、カーボンニュートラル、更にはSDGsを目標とする社会活動が求められている。そのような背景から、ZEH住宅、太陽光発電、水素エネルギー等の研究開発が活発に展開されている。本文では、建築材料研究の立場から、建築物の長寿命化が目的に合致する重要な研究開発項目であることを強調したい。

旧聞で恐縮であるが、1997年12月に京都で開催されたCOP3に際しての日本建築学会の声明を思い起こしていただきたい。①「建築分野における生涯二酸化炭素排出量は、新築では30%削減が可能であり、また今後はこれを目標に建設活動を展開することが必要である」および②「二酸化炭素排出量の削減のためには、我が国の建築物の耐用年数を3倍に延長することが必要不可欠であり、また可能であると考える」と表明している。

建築物の長寿命化が環境負荷低減に多大な貢献をすることを再認識する必要がある。本文では、建築物の長寿命化に関する技術動向について、外壁改修技術を中心に解説する。

2. 長期優良住宅と維持保全計画

2.1 長期優良住宅促進法の改正

建築物の長寿命化という観点から、先ず、長期優良住宅制度を採り上げたい。周知のように、新築住宅を対象とした長期優良住宅制度は2009年6月に施行され、既存住宅の増築・改築については2016年4月より施行されている。国土交通省社会資本整備審議会建築分科会に示された住宅循環システムのイメージを図1に示す。長期優良住宅のキャッチフレーズは「いいものをつくって、きちんと手入れして、長く大切につかう」である。このような循環システムは住宅を対象としているが、この考え方は非住宅建築物にも適用されるべきであると考えられる。

表1に長期優良住宅の普及状況を示す。表1より令和元年度の新築住宅における長期優良住宅の割合は12.1%である。詳細にみると、戸建て住宅では24.7%、共同住宅等では0.2%となっている。すなわち、戸建て住宅に関しては約4戸に1戸は長期優良住宅となっているが、共同住宅に関しては1000戸の中の2戸が長期優良住宅という勘定にな

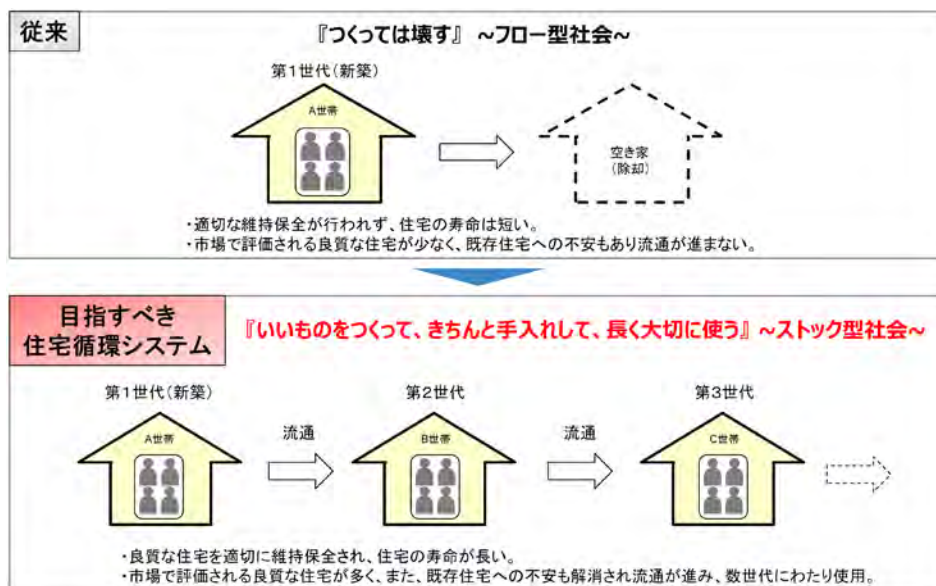


図1 住宅循環システム概念図(国土交通省社会資本整備審議会建築分科会資料より)

表1 長期優良住宅の認定実績(令和元年度)

		新築住宅 着工戸数	長期優良住宅 認定件数	割合
新築	一戸建て	430,989	106,252	24.7%
	共同住宅等	452,698	1,043	0.2%
	小計	883,687	107,295	12.1%
増改築	一戸建て	-	242	-
	共同住宅等	-	0	-
	小計	-	242	-

っている。換言すると、長期優良住宅は戸建て住宅においてかなり普及しているが、共同住宅においては殆ど普及していないといえる。

以上のような背景から、長期優良住宅促進法の改正が行われ、2021年5月28日に「住宅の質の向上及び円滑な取引環境の整備のための長期優良住宅の普及の促進に関する法律等の一部を改正する法律」が公布されている。この改正は、共同住宅の長期優良住宅認定を促進することを目的の一つとしている。今後は認定基準や認定申請手続きの合理化等が図られることとなる。

2.2 維持保全計画の重要性

長期優良住宅の認定基準を表2に示す。認定基準においては、①住宅の構造や設備が長期使用構造等であることが基本であるが、それに加えて、④維持保全および資金計画が適切であることが求められている。例えば、長期優良住宅の劣化対策等級に係る基準では、住宅性能表示制度の劣化対策等級の中の最上位である等級3に加えて+αの劣化対策が求められている。しかし、表2に示すように長期優良住宅の認定基準では、新築時の長期使用構造等だけでは不十分であり、適切な維持保全計画が作成されている必要がある。長期優良住宅のキャッチフレーズは、前述したように「いいものをつくって、きちんと手入れして、長く大切に使う」という認識が必要である。「我が家は長期優良住宅なので、大丈夫。維持保全しなくても長持ちする」という認識は間違いである。長期優良住宅の供給者側は、減税メリットだけでなく、維持保全の重要性を強調してほしい。

表1に示したように、戸建て新築住宅の24.7%は長期優良住宅となっている。これら戸建て住宅のオーナーには「我が家は長期優良住宅なので、資金計画を講じて維持保全を適切に実施する必要がある。そうすれば、住宅は長持ちする」という認識が必要である。「我が家は長期優良住宅なので、大丈夫。維持保全しなくても長持ちする」という認識は間違いである。長期優良住宅の供給者側は、減税メリットだけでなく、維持保全の重要性を強調してほしい。

表3に戸建て長期優良住宅の維持保全計画の例を示す。長期優良住宅の認定を受けた場合、維持保全計画にしたが

表2 長期優良住宅の認定基準

- ①住宅の構造及び設備が長期使用構造等であること。
- ②住宅の規模が省令で定められた規模以上であること。
- ③住宅が良好な景観の形成その他の地域における居住環境の維持及び向上に配慮されたものであること。
- ④維持保全、資金計画について以下の事項をみたすこと。
(注文住宅、売建住宅の場合)
維持保全の方法・期間、建築及び維持保全の資金計画が適切なものであること。
(建売住宅の場合)
維持保全の方法の概要、建築の資金計画が適切なものであること。
- ⑤基本的な方針のうち計画の認定に関する基本的事項に照らして適切なものであること。

って計画的に点検を実施し、必要に応じて調査・修繕・改良を行うこと、さらにその内容の記録を作成して保存することが求められている。

3.大規模修繕周期の長期化

マンション等の維持保全計画においては大規模修繕が重要である。具体例として、某不動産デベロッパーが提案しているマンション大規模修繕周期の長期化案を図2に示す。この提案では、従来12年周期で計画されていた大規模修繕を16～18年周期に延長しようとしている。

前節で指摘したように、長期優良住宅では表2に示された認定基準の①「住宅の構造及び設備が長期使用構造等であること」が注目されやすいが、認定基準の④適切な維持保全が同じ程度に重要である。図2に示す大規模修繕周期の長期化案は、高耐久性が期待できる大規模修繕仕様を採用することにより、修繕周期を長期化させて、ライフサイクルコストの低減を図ろうとしている。具体的には、以下のような技術を採用するとしている。

- ①耐久性に優れた塗装材料やシーリング材を使用する。外装タイル張り仕上げについては「有機系接着剤張り工法」を採用する。
- ②屋上防水には、15年保証の防水を使用する。
- ③アルミ手すりの芯材には腐食しにくいステンレスやアルミを採用する。
- ④住戸内の給水給湯配管には架橋ポリエチレン管やポリブテン管を、共用部の給水配管についても高密度ポリエチレン管などの樹脂管を採用する。
- ⑤排水管には、継ぎ手部分も含め、軽量で耐食性・耐薬品性に優れたオール樹脂の排水管を採用する。

参考として、国土交通省が平成20年度に実施したマンション総合調査に示されたマンションの計画修繕実施周期を図3に示した。「外部塗装等」と「屋上防水」の計画修繕周期は調査年度に依存せずおよそ11～12年となっている。すなわち、図2に示す現行の大規模修繕周期に近い値である。このような大規模修繕周期を長期化できれば、建

建築物の長寿命化に貢献できると考える。建築物の長寿命化を達成するためには、新築時に長期使用構造であることが基本的に重要であるが、大規模修繕周期を長期化できる技術を適用することも同じ程度に重要である。キャッチフレーズとしたら「いいものをつくって、いい手入れをきちんととして、長く大切に使う」ということであろう。

大規模修繕周期の長期化を可能とするような修繕仕様（例えば、耐久性に優れた外装仕上げ、防水仕様など）を確立することは容易ではない。長期優良住宅の認定基準について考えると、表2に示された認定基準の①「住宅の構造及び設備が長期使用構造であること」については各構造種別について具体的な評価基準が確立している。しかし、④維持保全に関しては、どのような劣化現象に対して、ど

のような材料・工法を使用して修繕・改良を行うかという点は明確でない。

建築物の保全に関しては、2021年2月に日本建築学会が「建築保全標準・同解説－鉄筋コンクリート造建築物」（「一般共通事項」、「点検標準仕様書」、「調査・診断標準仕様書」、「補修・改修設計規準」、「補修・改修工事標準仕様書」を含む）を制定した。また、国土交通省大臣官房官庁営繕部制定「公共建築改修工事標準仕様書」（以下、「改修標仕」）やUR都市機構「保全工事共通仕様書」（以下、「UR仕様書」）等は建築物の改修工事や保全工事に広く適用されている。しかし、どの仕様を選択すると、次の点検、修繕、改修までの期間をどの程度長期化できるかという点については情報が不十分であり、技術的合意がなされていない。

表3 戸建て長期優良住宅の維持保全計画の例
〔出典：(一社)住宅性能評価・表示協会パンフレット〕

点検部位		主な点検項目	点検の時期 (建築工事後より)	定期的な手入れ等	更新・取替の時期、内容	
構造躯体	基礎	コンクリート基礎 立ち上がり	ひび割れ、欠損、沈下、 換気口のふさがり、錆び、蟻害等	5、10、15、 20、25、30年★	建替え時に更新	
	土台	土台	基礎からのすれ・浮き、 断面欠損、腐朽・蟻害	5、10、15、 20、25、30年★	5年で防蟻・防蟻処理	
	床組	大引き、床束、根太	腐朽・蟻害、傾斜、たわみ、 床鳴り、振動等	5、10、15、20(取替)、 25、30年	5年で防蟻・防蟻処理	20年で全面取替を検討
	軸組	柱、間柱、筋かい、胴差	傾斜、断面欠損、腐朽・蟻害等	10、20、30年★		建替え時に更新
	小屋組	たる木、もや、 棟木、小屋づか	雨漏り等の跡、小屋組の接合部のわれ	10、20、30年★		建替え時に更新
屋根・外壁・開口部等	屋根	瓦ふき	すれ、はがれ、浮き、われ、 雨漏り、変形等	5、10、15、20(取替)、 25、30年★		20年で全面取替を検討
	外壁	サイディング壁 (窯業系)	割れ、欠損、剥がれ、 シーリング材の破断等	3、6、12、15(全面補修)、 18、21、24、27、30年★	3年でトップコート吹替	15年で全面補修を検討
	雨樋	雨樋	破損、詰まり、はすれ、ひび、 軒樋の垂れ下がり	3、7(取替)、10、14(取替)、 17、21(取替)、24、30年★		7年で全面取替を検討
	軒裏	軒裏天井	腐朽、雨漏り、はがれ、 たわみ、ひび割れ	3、6、12、15(取替)、18、 21、24、27、30年★		15年で全面取替を検討
	開口部	屋外に面する開口部	建具周囲の隙間、建具の 開閉不良等	5、10、15、20(取替)、 25、30年★		20年で全面取替を検討
設備	配置設備	給水管	漏水、赤水、給水流量の不足等	5、10、15、20(取替)、 25、30年★	水漏れは直ちに補修	20年で全面取替を検討
		排水管	漏水、排水の滞留	5、10、15、20(取替)、 25、30年★	水漏れは直ちに補修	20年で全面取替を検討

- ★は地震時や台風時の後、当該点検の時期にかかわらず臨時点検を行うものとする。
- 各点検の結果を踏まえ、必要に応じて、調査、修繕又は改良を行うものとする。
- 各点検において、劣化の状況等に応じて適宜維持保全の方法について見直すものとする。
- 長期優良住宅建築等計画に変更があった場合、必要に応じて維持保全の方法の変更を行うものとする。

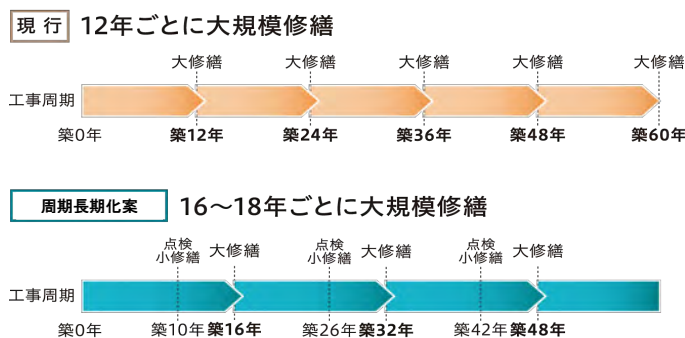


図2 マンションの大規模修繕周期の長期化案
〔出典：野村不動産・野村不動産パートナーズカタログを一部修正〕

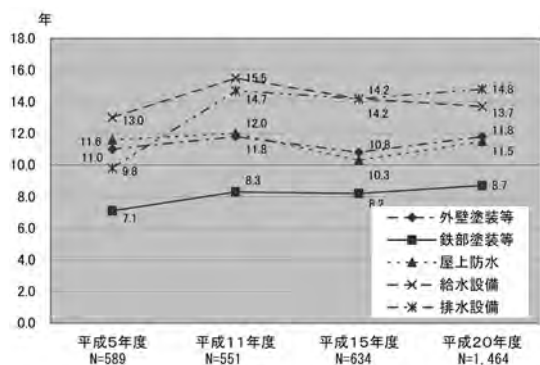


図3 マンションの計画修繕実施時期
〔国土交通省平成20年度マンション総合調査〕

表4 定期調査における外装タイル張り仕上げ(乾式工法を除く)等の調査方法等

(い) 調査項目	(ろ) 調査方法	(は) 判定基準
タイル、石貼り等(乾式工法によるものを除く)、モルタル等の劣化及び損傷の状況	開口隅部、水平打継部、斜壁部等のうち手の届く範囲をテストハンマーによる打診等により確認し、その他の部分は必要に応じて双眼鏡等を使用し目視により確認し、異常が認められた場合にあっては、落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分を全面的にテストハンマーによる打診等により確認する。ただし、竣工後、外壁改修後若しくは落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分の全面的なテストハンマーによる打診等を実施した後10年を超え、かつ3年以内に落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分の全面的なテストハンマーによる打診等を実施していない場合にあっては、落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分を全面的にテストハンマーによる打診等により確認する(3年以内に外壁改修等が行われることが確実である場合又は別途歩行者等の安全を確保するための対策を講じている場合を除く。)	外壁タイル等に剥落等があること又は著しい白華、ひび割れ、浮き等があること。

まとめると、新築時の長期使用構造に関する評価方法ほどには、維持保全の技術内容は整備されていない現状にある。今後は、新築時における長期使用構造のみでなく、修繕・改修時における工事仕様の評価方法を確立することが求められる。

4. 外壁改修技術に関連する諸課題

4.1 外装タイルの有機系接着剤張り工法

3節で紹介した図2のマンションの大規模修繕周期の長期化案においては、外壁タイル張りに有機系接着剤張り工法を採用することが提案されている。この点について解説したい。

建築基準法12条に基づく定期調査(以下、「12条点検」)では、外装タイル張り仕上げ等について表4に示すような調査報告を求めている。すなわち、タイル張り外壁(乾式工法を除く)については、「落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分」を対象として、「竣工後、外壁改修後若しくは全面的なテストハンマーによる打診等を実施した後10年を超え」の場合は、「全面的にテストハンマーによる打診等により確認する」ことを求めている。ただし、「3年以内に外壁改修等が行われることが確実である場合を除く」としている。

したがって、原則10年ごとに全面打診が必要となる。テストハンマーによる全面打診はゴンドラやブランコ等でも可能であるが、仮設足場を設ける場合も多い。しかし、単に全面打診のためだけに仮設足場を設けることは経済的ではないので、「3年以内に外壁改修等が行われることが確実である場合を除く」という規定を利用して、10年経過から3年以内、すなわち、おおよそ11~13年周期で仮設足場をかけ、全面打診と共に計画修繕、大規模修繕を実施するという維持保全計画・長期修繕計画が一般的である。そのことが、図2に示した現行の大規模修繕周期が12年毎になっていることの理由の一つと考えられる。

しかし、平成30年5月23日に「建築物の定期調査報告における外壁の外装仕上げ材等の調査方法について(技術的助言)」が国土交通省住宅局建築指導課防災対策室より通

知され、有機系接着剤張り工法で施工された外壁タイルについては、一定の条件を満足した上で、全面打診に替えて引張試験により調査することが可能となったり。したがって、定期報告のために原則10年毎に仮設足場を設けて全面打診する必要はなくなった。

定期調査におけるタイル張り仕上げ外壁の全面打診は、剥落事故防止という防災上の観点から規定されていると考えられる。建築物の長寿命化の観点と剥落事故防止の観点は全く同一ではない。しかし、実際は、防災上の観点から要求された全面打診がタイル張り仕上げ外壁の大規模修繕周期を支配するケースも多いと考えられる。有機系接着剤張り工法を採用することにより、この制約からは逃れられる。その上で、建築物の長寿命化の観点から、適切な維持保全計画・長期修繕計画を改めて検討する必要がある。

4.2 標準化された外壁改修工法の課題

国土交通省は、マンション購入予定者が修繕積立金に関する理解を深め、分譲業者から提示された修繕積立金の額の水準について判断する際の参考資料として、「マンションの修繕積立金に関するガイドライン」²⁾を示している。修繕積立金の額は、将来見込まれる修繕工事の内容、おおよその時期、概算の費用等を盛り込んだ「長期修繕計画」に基づいて設定される。

新築時にどのような長期使用構造を採用し、どのような周期で、どのような内容の修繕工事を設定するかによって修繕積立金は大きく左右される。しかし、前述したように、どのような修繕工事を実施すると次の修繕工事までの周期がどの程度になるかを具体的に検討することは非常に難しい。何故ならば、修繕工事の内容により、その後の修繕周期がどの程度になるかというデータの蓄積が十分ではない。また、将来の修繕工事では、技術革新等により新しい材料・工法が適用される可能性も無視できない。

「長期修繕計画」は一定期間ごとに見直す必要があるが、修繕工事の内容を評価して次の修繕周期を設定することは簡単でない。したがって、今までの建築物の実績等を参照して修繕周期を設定するのが一般的である。

ここでは、具体例として、タイル張り外壁の修繕計画を

表5 タイル張り仕上げ外壁の改修工法(「公共建築改修工事標準仕様書」による)

区分	材料・工法
浮き部 改修工法	(注入口付)アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法 (注入口付)アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法 (注入口付)アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法 (注入口付)アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法 タイル部分張替え工法 タイル張替え工法
ひび割れ部 改修工法	エポキシ樹脂注入工法 U・Vカットシーリング材充填工法 U・Vカット可撓性エポキシ樹脂充填工法 表面シール工法
欠損部 改修工法	軽量エポキシ樹脂モルタル工法 ポリマーセメントモルタル工法
目地 改修工法	目地ひび割れ部改修工法 伸縮調整目地改修工法

表6 セメントモルタル塗り仕上げ補修工法の標準耐用年数(「耐久性総プロ」による)

適用	材料・工法	標準耐用年数
浮き補修	ピンニング併用エポキシ樹脂全面注入工法	20年
	ピンニング後エポキシ樹脂全面注入工法	20年
	ピンニング後ポリマーセメントスラリー全面注入工法	20年
ひびわれ補修	エポキシ樹脂注入工法	15年
	U・Vカットシーリング材充填工法	10年
	U・Vカット可撓性エポキシ樹脂充填工法	10年
	表面シール工法	3年
欠損部補修	軽量エポキシ樹脂モルタル工法	10年
	ポリマーセメントモルタル工法	15年

考えたい。なお、話を単純にするため、セメントモルタルによるタイル後張り工法による外壁を対象としたい。広く適用されている「改修標仕」に準拠すれば、タイル張り外壁の改修工事には、表5に示す材料・工法が適用される。タイル張り仕上げ外壁に生じた劣化現象、劣化状態等によって表5の中から適切な材料・工法が選択されるが、これらの改修工法を適用した場合に「次の改修工事までの期間がどの程度になるか」、また、「次にどのような改修工法が適用できるか」については情報が乏しい。建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発(1980～1984年度)」(以下、「耐久性総プロ」)では、セメントモルタル塗り仕上げ外壁の補修工法の標準耐用年数³⁾(現在、ISOに準拠してリファレンスサーブスライフと呼称している)をとり上げているので、それを表6に示す。表6に示す材料・工法名は当時のものを示しているが、内容は表5とほぼ同様である。浮き部改修で20年、ひび割れ部改修で10～15年(タイル張り外壁では表面シール工法は適用しない)、欠損部改修で10～15年を提案している。また、「耐久性総プロ」では、耐用年数は種々の要因(診断レベル係数、補修箇所劣化係数、施工係数、目地係数、気象係数、劣化係数、維持保全係数)により変動することが説明されている³⁾。

更に、表5に示したタイル張り外壁の改修工法は、浮き部、ひび割れ部、欠損部、および劣化した目地部に適用されるが、未劣化のタイル張り外壁部分はそのまま経過観察され、改修工事の対象とならない。すなわち、改修工事後は未劣化の部分と改修工法が適用された部分が共存しており、これらの部分の劣化進行は異なると考えられる。また、浮き部改修工法を適用した部分の周辺において、改修工事後に浮きの拡大するケースも報告されている。このような事象を勘案すると、次回の修繕工事までの期間設定は非常に複雑である。もう一つの課題として、改修工法を適用した部分を対象として、どのような点検を行い、劣化に対してどのような再修繕方法を計画するかということが挙げられる。これらの情報は、次回の修繕計画を設定するために必要である。

具体的に議論するため、タイル張り外壁の浮き部分を表5に示す注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法で修繕したとする。当該工法では注入口付アンカーピンの本数は9本/m²であり、エポキシ樹脂注入量は25cm³/穴である。したがって、浮き代を標準的な0.6mmと仮定した場合は、エポキシ樹脂注入範囲は図4に示すようになり、改修工事直後であっても浮き部は約66%存在する。

注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法による浮き部改修工事を行った外壁の点検においては、**図4**に示す残存浮き部が存在することを認識する必要がある。すなわち、注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法による浮き部改修工事を実施した後の打診調査により66%の浮きが認められたとしても、改修工事後に劣化が進行したとは判断できない。改修工事の仕様によりこのような浮きが残存することは当然である。このことを認識することが、改修工事後の定期調査において重要である。

また、**図4**に示す残存浮き部を点検者に伝えるために、改修工事の記録を保存し、その記録を点検者に提供することが必要である。なお、想定される残存浮き部より大きな浮き、注入口付アンカーピンニング周辺のひび割れ等が認められる場合は再改修工事の検討が必要である。しかし、点検、調査・診断、再改修のための仕様は標準化されていない現状である。

4.3 外壁複合改修工法による外壁改修工事の長周期化

外壁複合改修工法はピンネット工法とも呼称される改修工法である。工法の特徴は、繊維ネットとポリマーセメント系材料により既存仕上げ層を一体化し、アンカーピンにより一体化した既存仕上げ層の剥落に対する安全性を確保する点にある。主として、タイル張り外壁やセメントモルタル塗り外壁の剥落防止を目的に適用されている。また、近年は透明樹脂+繊維ネット、繊維混入透明樹脂、または透明樹脂により既存タイル仕上げ層を一体化して、アンカーピンにより剥落防止を図る工法も利用されている。

外壁複合改修工法は、「改修標仕」に採用されていないが、「建築改修工事監理指針」で紹介されている。すなわち、外壁複合改修工法は「改修標仕」の標準仕様ではなく、採用する場合は特記仕様書の作成が必要となる。また、外壁複合改修工法は「UR仕様書」には標準仕様として採用されている。更に、再修繕工事仕様まで採用されている。なお、「UR仕様書」では改修工法でなく補修工法と呼称している。

外壁複合改修工法には、①平成8年度に実施した建設技術評価で「評価書」を受けた工法、②建設技術審査証明事業で認証を受けた工法、③URの「機材及び工法の品質判定基準」に適合する工法、④その他の工法がある。2020年10月に(一社)外壁複合改修工法協議会(以下、「協議会」)が設立された。「協議会」の目的の一つが外壁複合改修工法の標準化であり、①~③に示されている基準等を参考にして、外壁複合改修工法に関する統一的基準の作成を進めている。

「改修標仕」で標準化された改修工法が存在するなかで、何故、外壁複合改修工法が必要かという点、外壁複合改修工法を適用した場合は、次の改修工事までの期間を長期化することが期待できるからである。

4.2節で指摘したように、改修工事後に未改修部分のタ

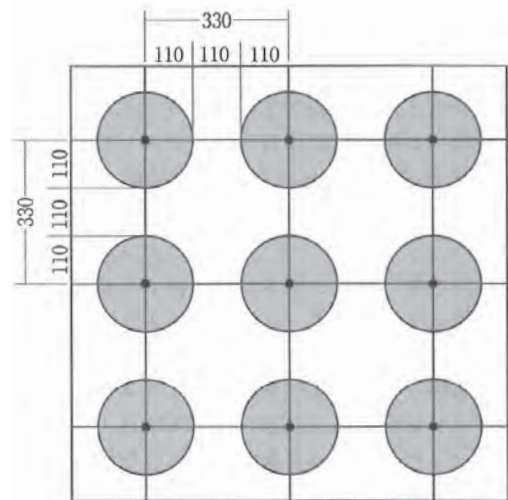


図4 注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法(外壁一般部分、浮き代0.6mm)の残存浮き模式図(単位:mm)

イル張り仕上げの浮きが発生することが懸念される。経過年数が進むにつれて未改修部分の劣化が進行すると、その都度、比較的短い周期で標準化された改修工事を実施することになる。意を決して、既存タイルを全面除去して「タイル張替え工法」を適用すれば、次の改修工事までの期間は長期化できる。しかし、タイルの全面除去は必ずしも容易ではなく、廃棄物も排出することとなる。このような場合、外壁複合改修工法を適用することで改修工事の周期を長期化することが考えられる。

外壁複合改修工法を適用する場合は、新しい外観も確保できる。更に、例えば、庇先端部、バルコニー端部、手すり壁天端部等は剥落危険性が高い。既存の標準化された改修工法でもアンカーピン、ステンレス線、ステンレス製ラス等を利用して躯体に緊結し剥落に対する安全性を高めているが、外壁複合改修工法を適用することによって同等以上の効果を期待できる。

すなわち、外壁複合改修工法を適用した場合、次の外壁修繕工事までの周期を長期化できると考えられる。外壁複合改修工法には、「改修標仕」で標準化されている外壁改修工法とは別の長所がある。

4.4 外壁複合改修工法を適用した外壁の点検について

修繕周期の長期化が期待できる外壁複合改修工法の課題として、「12条点検」の調査方法が挙げられる。「12条点検」では**表4**に示すテストハンマーによる全面打診等を実施することが求められている。

標準化された改修工法を適用した外壁の点検においては、**図4**に示すような残存浮き部についての認識が必要であることを指摘した。それに加えて、外壁複合改修工法により改修したタイル張り外壁を対象にテストハンマーによる全面打診を実施することは、以下に示すような理由から不合理と考えられる。

- ①複合外壁改修工法で改修したタイル張り仕上げ外壁の表面には、ポリマーセメント系材料を塗付材料とした場合にはポリマーセメント層+建築用仕上塗材等が存在している。また、透明樹脂を塗付材料とした外壁複合改修工法であれば、透明樹脂が既存タイル面に塗付されている。したがって、テストハンマーによる打診を実施しても複合改修層の下にある既存タイル張り層の浮きの判定は難しい。打診により判定可能であるのは、複合改修層と既存タイル面との間の浮きであり、既存タイル張り仕上げ層とその下地間の浮きの判定は困難である。
- ②外壁複合改修工法では、既存タイル張り仕上げ層が部分的に浮いていることは許容されている。(図4に示すように標準化された改修工法でも同様である。)既存タイル張り仕上げの浮き率は浮き代に依存するが、おおよそ50%以上と考えられる。表4に示される判定基準(外壁タイル等に著しい浮き等があること)をどのように解釈するかは明確でない。
- ③外壁複合改修工法で改修された外壁の表面材は建築用仕上塗材等や透明樹脂である。したがって、テストハンマーによる打診を実施するとタイル張り仕上げ層とその下地間の浮きが判別できないだけでなく、建築用仕上塗材や透明樹脂が損傷を受ける。建築用仕上塗材の場合は剥離を助長し、透明樹脂の場合は透明性が部分的に低下する。調査方法として合理的でない。

以上に述べたような不都合を避けるため、更に、複合改修工法の特性を理解したうえで全面打診に代わる合理的な調査方法や判定基準を設定する必要がある。図5に外壁複合改修工法で改修した外壁に対する定期調査方法のフロー案を示す。図5は、平成27~28年度に実施された建築基準整備促進事業「湿式外壁等の定期調査方法の合理化の検討」(事業主体：全国タイル工業組合)で提案された。図5では、原則10年目のテストハンマーによる全面打診等に代わる評価として、引張接着試験法により複合改修層と既存タイル仕上げ層との接着強度を評価することを提案している。もし、接着強度が低下している場合は既存タイル仕上げ層の一体化が不十分である可能性が高く、剥落防止のために是正措置を講じる必要があると考えられる。

接着強度が十分であると確認できれば、外観目視法による調査を行う。劣化がなければ健全であると評価し、建築用仕上塗材等の表面仕上げ材に劣化が認められる場合(ポリマーセメント系外壁複合改修工法)は、直ちに剥落の危険性はないが、美観性や複合改修層の劣化防止のために表面仕上げ材の改修を実施することが推奨される。

また、外観目視法により複合改修層にはく落、欠損、浮き上がり、ひび割れ、補強繊維破断、補強繊維露出が認められる場合、およびアンカーピンの浮き上がりや周囲のひび割れが認められる場合には当該箇所の改修が必要になる。

以上のような考えに基づき図5は提案されたが、残念ながら現実の定期調査には反映されていない。今後は、外壁複合改修工法を適用したタイル張り仕上げ外壁やセメントモルタル塗り仕上げ外壁に対して、定期調査における調査方法および判定基準を整備する必要がある。

4.5 赤外線装置法による外壁調査

「12条点検」における原則10年毎のテストハンマーによる全面打診を代替する方法として、赤外線装置法や診断ロボット等の利用が挙げられる。赤外線装置法では、赤外線装置そのものの性能だけでなく、測定時の仰角や水平角が診断精度に影響を与える。また、天候や時刻によっても診断精度が左右される。最近では、仰角や水平角による制限を解消するために、また、壁面へのアクセシビリティを高めるために、ドローンに赤外線装置を搭載して熱画像を測定することが実施されている。建築物の診断におけるドローン技術の応用については、別の記事で解説される予定なので、ここでは赤外線装置法の適用に関する課題に限定して述べる。

「12条点検」においては、(一財)日本建築防災協会「特定建築物定期調査業務基準」と共に(公社)ロングライフビル推進協会「タイル外壁及びモルタル塗り外壁定期的診断マニュアル(改訂第3版)」(以下、「外壁診断マニュアル」)が参照される場合が多い。「外壁診断マニュアル」では「外観目視法」、「打診法」、および「赤外線装置法」が採用され、解説されている。

診断レベルⅠ(6ヶ月~3年間隔で実施)および診断レベルⅡ(原則10年毎に実施)では表7に示すような調査法の組合せが可能であるとしている。表7で注意すべきポイントは赤外線装置法を適用する場合には部分打診法との併用が必ず含まれるという点である。すなわち、外壁調査では「外観目視法」はすべての場合に必須であり、それに加えて「浮き」の検知には打診方法が必要である。「打診法」に替えて「赤外線装置法」を選択する場合でも「部分打診法」との併用で診断精度を確認することが求められている。また、「外壁診断マニュアル」では赤外線装置法の長所として以下のことを挙げている。

表7 タイル張り外壁の診断レベルと調査方法

診断レベル	調査方法
診断レベルⅠ	(1) 外観目視法+部分打診法
	(2) 外観目視法+「部分的な赤外線装置法と部分打診法の併用」
診断レベルⅡ	(1) 外観目視法+全面打診法
	(2) 外観目視法+「全面的な赤外線装置法+部分打診法の併用」

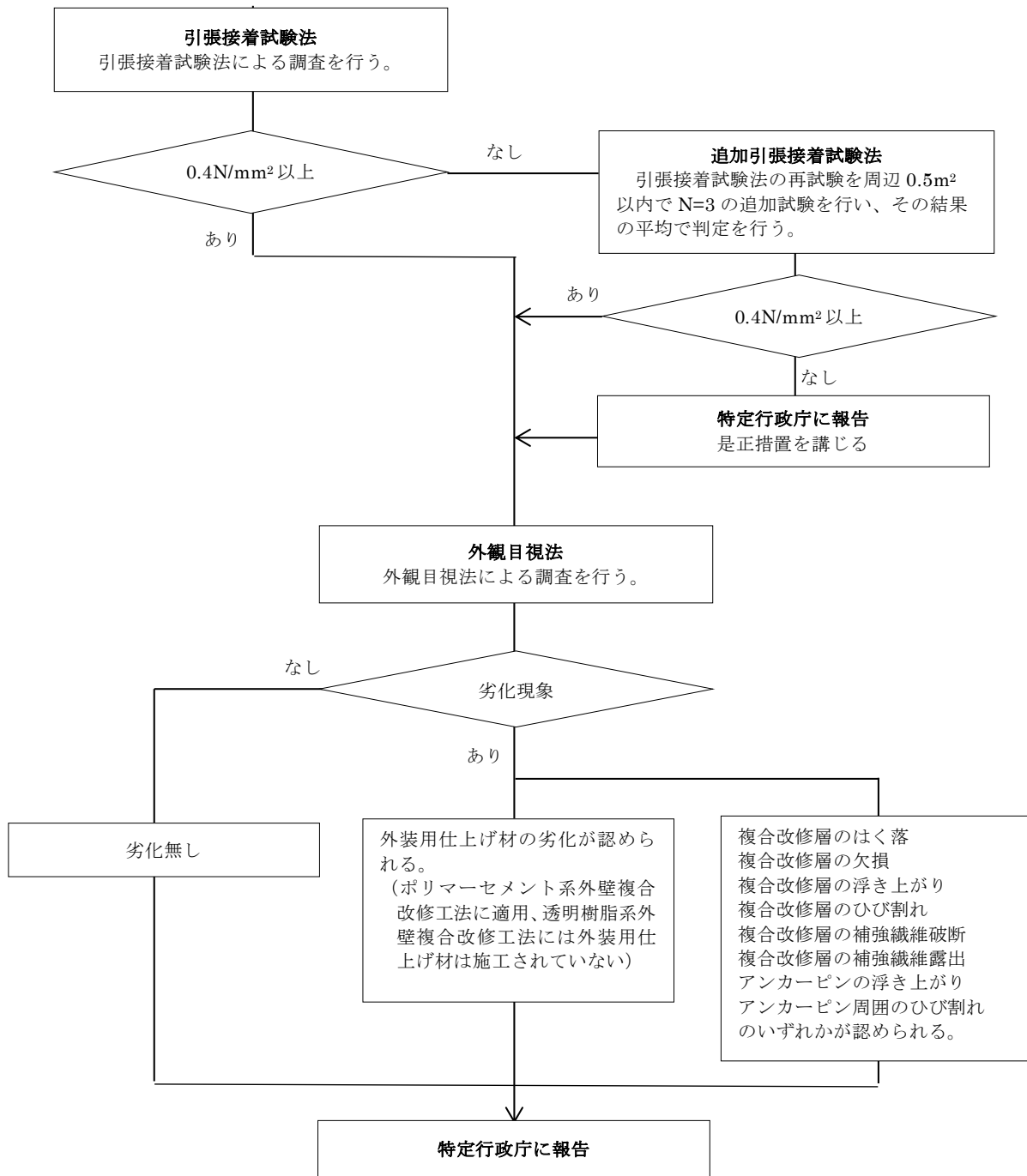


図5 外壁複合改修工法により改修した外壁の定期調査(10年)フロー案

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ①非接触のため足場やゴンドラ等の仮設を必要としない。 ②明るさに関係なく測定可能。 ③大壁面を少人数で比較的短時間に測定できるため効率が良い。 ④診断結果を熱画像として直接可視化した形で記録し、再生ができる。 ⑤熱画像を解析することにより精度の高い診断ができる。同時に、適用限界として以下のことを挙げている。 | <ul style="list-style-type: none"> ①季節、天候、時刻および気温等自然現象により影響を受ける。 ②雨天または曇天で日中の気温較差が5℃未満、風速5m/sec以上の場合には測定できない。 ③壁面の方角、壁面と赤外線装置の距離、仕上材の材質・形状・色調および下地材の影響を受ける。 ④壁面と赤外線装置法カメラの間に樹木や高い塀等の障害物があると測定できない。 |
|--|--|

- ⑤建物内の暖冷房機器または屋外機の発熱等の影響を受ける。
 - ⑥赤外線装置の種類や画像処理方法により診断結果に差異を生じることがある。
 - ⑦軒裏、出隅、入隅、ベランダや庇等の突起物のある場合、笠木、雨樋や柱の日陰となる部分、窓枠近傍および凹凸の甚だしい建物では測定できない。
 - ⑧測定角度(水平方向、垂直方向とも)30°以内が望ましい。ただし、やむを得ない場合は45°以内まで許容できる。
- 実際の赤外線法による調査では、現地予備調査を行い、上記の適用限界に留意して測定計画を立案し、測定当日の気象条件等に留意して測定を行うことが肝要である。また、打診法との併用について「外壁診断マニュアル」では以下に示す3つのケースについて比較を行うように求めている。

イ) 赤外線装置法による測定結果と部分打診法による測定結果の比較

- ①赤外線装置法による測定結果が健全と判断された部分を各壁面で1箇所約1m²程度を打診により確認する。
- ②赤外線装置法による測定結果が浮きと判断された部分を各壁面で1箇所約1m²程度を打診により確認する。

ロ) 特にタイルまたはモルタルのはく離の可能性が大きいと思われる下記の部分においては、赤外線装置法と部分打診法を併用して浮きを測定する。(なお、これらの部分は診断レベルIでは必ず部分打診することとなっている。)

- ①開口部周辺概ね1m以内。
- ②笠木および窓台等の他の材質に接している部分概ね1m以内。
- ③出隅部分、パラペット上端、庇及び窓台部分概ね1m以内。
- ④コンクリート打継部及びエクステンションジョイント部分周辺概ね1m以内。

ハ) 赤外線装置法で測定できない部分や測定上誤差を生じるおそれのある部位については補足調査の目的で打診法を使用する。

まとめると、次のように考えられる。赤外線装置法は、外壁の表面温度を測定して、その温度差から浮きを検知する技術である。一方、外壁の表面温度は種々の気象条件、方位、仕上材によって異なり、浮き部分と健全部分の温度差も気温変化等に大きく依存する。したがって、赤外線画像を撮影した時の諸条件を把握した上で画像解析することが必須である。撮影部位や撮影条件を考慮せずに、単に熱画像に現れた温度較差に基づいて一律的に浮きの判定を行うことは信頼性を大きく損なうこととなる。

赤外線装置法の適用において、部分打診法との併用を義務付けているのは、打診法と比較することにより浮き部分と判定している撮影条件や判定条件が適切であるかを確認

し、その他の部位においても同様の条件で赤外線装置法を適用するためといえる。

赤外線装置法による外壁診断レポートには赤外線装置の仕様・性能については十分に記載してある一方で、部分打診法との一致率がどうであったか、測定条件が適用範囲内におさまっていたか否か等の判断資料が不足しているように感じる。具体的な調査結果報告の内容や書式等については「外壁診断マニュアル」を参考にさせていただきたいが、このような部分を明確にして、調査結果を報告することが、赤外線装置法の信頼性を高めることになる。

タイルの浮き調査に関わっている中でしばしば聞かれるのが「これだけ科学技術が発達しているのに、なぜ、今でも打診法なのか?」という指摘である。赤外線装置、ロボット技術、更には、AI、DX等の新しい技術が導入されることは望まれている。しかし、既存の打診法を置き換えるためには、その原理の長所を標榜するだけでなく、種々の条件を含むフィールドでの信頼性を確認し、正しい適用範囲を設定することが必要であろう。これらの新技術によって、技術障壁のブレイクスルーが可能となることが期待される。

5.おわりに

建築物の長寿命化と外壁改修技術について解説した。通常は4節以降の外壁改修にかかわる個別・具体的技術を解説することが多いが、本文では建築物の長寿命化、環境負荷低減に繋がる重要な技術課題であるという点を強調した。

建築物の保全は、新築の技術と比較した場合は地味な分野であるが、建築物の長寿命化を図るうえで非常に重要である。建築物の価値を保持あるいは向上させるための技術開発の重要性は新築技術のそれに優るとも劣らない。本文では外壁の改修技術を解説したが、他の分野も同様に重要である。このような認識が高まり、建築物の保全技術の標準化が進むことを期待する。

参考文献

- 1) 国土交通省住宅局建築指導課建築物防災対策室「建築物の定期調査報告における外壁の外装仕上げ材等の調査方法に係る技術的助言—有機系接着張り工法による外壁タイルの調査方法について—」建築防災, No.486, pp.9-14, 2018
- 2) 国土交通省「マンションの修繕積立金に関するガイドライン」平成23年4月,
<https://www.mlit.go.jp/common/001080837.pdf>
- 3) 財) 国土開発技術研究センター編, 建設大臣官房技術調査室監修「外装仕上げの耐久性向上技術」, pp.259-263, 1987

<プロフィール>
 芝浦工業大学名誉教授
 (一社)建築研究振興協会 会長
 (一社)日本建築ドローン協会 会長
 専門分野: 建築材料、建築保全
 最近の研究テーマ: 外壁複合改修工法の標準化



第三者証明事業として 顧客対応で努めていること

総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ

林 健太

〒340-0003
埼玉県草加市稲荷5-21-20
TEL : 048-935-9000
FAX : 048-935-1720

最近のトピック 毎年、8月前後で高速道路を使用し、1時間かけて出張先から帰ってくるのですが、今年は延期になっていた2020年東京オリンピックの影響で車線規制がされており、帰りに3時間かかってしまいました。一般道を使用するなど事前の下調べが足りなかったと反省しているところです。

業務について 中央試験所構造グループは、構造部材や非構造部材など多種多様な耐力試験を行っています。私が担当する実大振動試験は、その中でも一番規模が大きく、実験に携わる人や会社が多いです。建材試験センターには実大振動試験を行える設備がありませんので、外部の試験機関の振動台を借用し、私たちが赴いて計測を行います。実大振動試験は、試験準備から試験体の解体まで長い準備期間が必要になり、段取りが重要になります。事前のスケジュールの組立てから業者や依頼者への細かな連絡など試験を効率的に無理なく行えるように常に努めています。

最後に一言 建材試験センターに入社して気づいたら入社7年目になっていました。今は中堅社員として責任の大きな仕事や後輩の指導など大変ですが、お客様に満足していただくため日々仕事に取り組んでいます。

担当者紹介



正確かつ柔軟な対応を心がけ、 防耐火試験業務に取り組んでいます。

総合試験ユニット 西日本試験所 試験課

小椋 智高

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

最近のトピック もうすぐ5歳になる長女が最近九九の歌にはまっており、呪文のように歌っています。足し算は指折りで時間がかかりますが、掛け算を聞くとすぐに答えが返ってきます。一方の私は、最近取り組み始めた資格の勉強がなかなか頭に入ってきません。子どもの吸収力が羨ましい限りです。

業務について 私は西日本試験所試験課にて防耐火試験の業務を担当しております。西日本試験所では、壁、はり、床などの構造部材や、防火設備、区画貫通の品質性能試験、国土交通大臣認定に関わる性能評価試験などを実施しています。また、建材、建築以外では金庫、金庫設備の耐火性能試験、防盜性能試験なども実施しております。最近では、コロナ禍で現地立会いが難しい依頼者様向けに、Web会議システムを利用した「Web立会い」をご利用いただく機会が増えてきております。今後も皆様にご利用いただきやすい環境づくりを積極的に進めて参ります。

最後に一言 弊所所有の設備で対応できる内容であれば、分野は問わず積極的に対応させて頂いております。まずはお気軽にご相談ください。皆様の製品開発、研究等に西日本試験所を是非ご利用いただければ幸いです。

～中央試験所 第一期施設機器整備事業の成果～ (その1：構造試験棟)

1.はじめに

建材試験センター中央試験所構造グループは、昭和46年に寸法の大きな建材等の耐力試験を担当する部門として発足しました。試験ニーズに対応するため、試験機を追加する形で導入してきましたが、建屋自体は発足当時から大きな変更を行わなかったため、老朽化が進み、試験体の置き場に困るほど、狭隘化が問題となり、ご利用いただく皆様にご不便な思いをおかけしておりました。

この問題を解決すべく「中央試験所施設機器整備計画事業」の第一期整備計画において構造試験棟の規模を従来の約2倍に増して新設し、2017年から稼働を開始しました。

2.構造試験棟の試験設備概要

構造グループをご利用いただく皆様のご意見として多かったのは、「実大規模の大型の試験への対応」と「定型的な試験の早期対応」でした。導入した試験設備は、これらのニーズに対応できることを意識して選定を行いました。

今回、改めて構造試験棟の設備について紹介します。

構造試験棟は高さ19m、幅21m、奥行き45mの鉄骨造の建屋です。2箇所へ搬出入用のシャッター（幅5m、高さ5.4m）を配置しています。試験棟内には10tと2.8tの2基の無線式天井クレーン（揚程15m）を配しているため、大型の試験体にも対応が可能となっています。



写真1 構造試験棟内観

【大型構造物複合加力試験装置】

大型で荷重の大きな試験体の試験を行いたいというニーズに対応することを目的に導入した試験装置です。



用途	RC造や大断面木材を用いた中大規模木造建築物の壁、接合部に鉛直荷重を加えた状態での水平加力試験等
仕様	荷重：鉛直±5000kN、水平±2000kN 変位：水平600mm、鉛直800mm 試験体：高さ約5m、幅約6m

【500kN曲げ試験機】

支持スパンが長く、幅の広い試験体にも対応できるように導入した試験機です。



用途	梁やパネルの曲げ試験、荷重の大きい接合部の引張・せん断試験等
仕様	荷重：±500kN、変位：600mm 支持スパン：10m 支持幅：2.3m

【多層構面用水平加力試験装置】

階高の高い耐力壁の面内せん断試験のニーズに対応することを目的に導入した試験装置です。高さ方向に連層した壁の試験にも対応することが可能です。



用途	大型で高耐力壁の面内せん断試験、外装材カーテンウォールの変形追従性試験に対応可能等
仕様	荷重：鉛直±500kN 試験体：高さ7.5m、幅6m 静的、動的加力が可能

【木質構造物試験装置】

一般的な耐力壁や各種部材の水平加力試験に対応する試験装置です。旧試験棟からの移設を機に対応できる試験の高さを拡張しました。



用途	木造耐力壁の壁倍率大臣認定に関係する面内せん断試験等
仕様	荷重：鉛直±100kN 試験体：高さ3.2m、幅4m

【ガラス試験用層間フレーム】

JIS A 5759 (建築窓ガラス用フィルム) の層間変位試験に速やかに対応できるよう、専用の装置として導入しました。なお、同JISのショットバッグ試験にも対応しています。



用途	JISA5759 (建築窓ガラス用フィルム) の層間変位試験やスリットの層間変位試験等 ※小型の試験体の水平加力にも対応可能です。
仕様	荷重：±50kN 試験体：高さ2.5m、幅3m

【門型載荷フレーム】

木造用接合金物の引張・せん断試験のニーズに対応できるように導入した装置です。

試験体の固定や試験を行う際の偏心防止ジグなどに工夫し、対応できる試験項目を増やした他、小型の試験体の曲げ試験にも対応が可能となっています。



用途	平成12年建設省告示1460号に係る木造接合金物の引張・せん断試験等 ※小型の試験体の曲げ試験にも対応可能です。
仕様	荷重：±200kN、変位：700mm 試験体：高さ約2.5m

【ドアセット試験用フレーム】

建具、外装材、ガラスなどに対する衝撃試験のニーズに対応する装置として導入しました。各試験規格の振り子式や落球式の衝撃試験に対応が可能です。



用途	ドアセットの強さ・衝撃試験 (JISA1518、1523、1524) やパネルの衝撃試験 (JISA1414-2)、ガラスの衝撃試験 (JISR3205、3206) 等
仕様	フレーム (大)：高さ5m、幅1.5m フレーム (小)：高さ3m、幅1m

【恒温恒湿室】

木質系材料や樹脂系材料は、温度・湿度により試験結果に影響を及ぼすこともあるため、所定の温度・湿度で試験を行えるよう導入しました。



用途	木質系材料のクリープ試験、温度・湿度条件を伴う載荷試験等 ※天井クレーンがあるので、錘を用いた載荷試験も可能です。
仕様	温度：20～23℃、湿度：55～65% 荷重：±200kN、変位：700mm

【水平振動試験機】

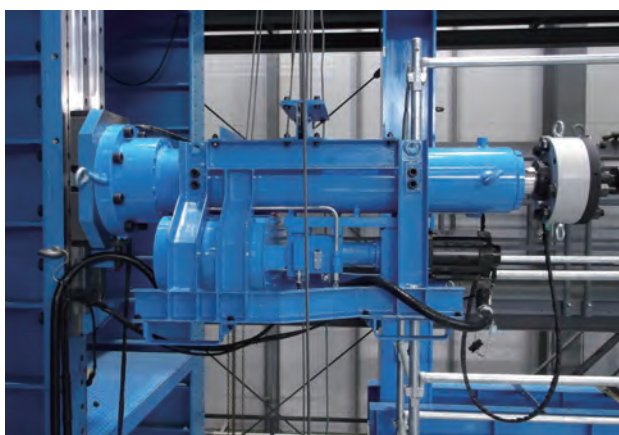
地震の揺れを想定した試験に対応するために導入しました。試験機の能力が不足する場合には、外部の振動台を借用しての試験にも対応可能です。



用途	フリーアクセスフロア (JISA1450) の振動試験、家具・設備機器などの水平一軸振動試験等
仕様	台の寸法：1.5×2.5m、積載重量：3t 速度：90cm/s、変位：±150mm

【500kN自動コントロール加力試験機】

構造グループが所有する装置に取り付け、水平や鉛直での加力を行うための装置です。2台の試験機をパソコン制御で連動して動かすことも可能で、様々な試験に対応することが可能です。



用途	上下2層の耐力壁の面内せん断試験、各種部材の引張・圧縮等の試験等
仕様	荷重：±500kN 変位：1000mm

3.第一期施設機器整備事業の成果

新たな試験棟が稼働して4年が経過しました。その間様々な試験を実施させていただき、試験棟や試験装置を使いながら、各職員で知恵を出し合い、少しずつ試験環境の改善を行ってきました。需要の多い試験装置で優先的に試験が行えるように配置の変更や、各設備に作業床を設けて、試験を行う際の安全性を高めました。

試験終了後のアンケートで、好意的な回答を多くいただいていること（この場を借りて感謝いたします）、旧棟時代は年間490件だった試験依頼が、新試験棟になって、年間540件と約1割増加していることから、旧棟時代と比べ、効率的な試験を実施できるようになってきたと思っています。今後も5S活動を継続的に行い、安全で確実な試験サービスを提供できるよう、努めてまいります。

試験棟の規模を大きくし、大型の試験機を導入したことで、RC造や大断面木造の実大規模の大型試験が実施可能となりました。構造グループにおける試験依頼を業種別に比率（表1）で見ると、大型試験に対応可能になったことから、新規顧客の確保にも効果があったと考えられます。

表1 試験依頼における依頼者の業種の比率

	依頼者の業種		
	ハウスメーカー	ゼネコン	建材メーカー
新棟	24%	22%	54%
旧棟	25%	5%	70%

4.おわりに

近年の地震や集中豪雨など想定を超えるような自然災害を受け、建築物に要求される試験ニーズも変化してきています。今後も試験ニーズに対応するために必要な設備投資を行い、試験設備・環境を充実させるとともに、技術力の向上にも取り組み、安心して試験をご依頼いただけるよう、職員一同取り組んでまいります。試験が必要な際は、お気軽にお声掛けいただけますよう、お願いいたします。

author



上山耕平

総合試験ユニット
中央試験所 構造グループ 統括リーダー

<従事する業務>
構造部門における業務の統括

【お問い合わせ先】

中央試験所 構造グループ

TEL：048-935-9000 FAX：048-935-1720

～中央試験所 第一期施設機器整備事業の成果～ (その2：動風圧試験棟)

1.はじめに

第一期施設機器整備事業として新試験棟を建設し、2017年度から本格的に試験業務を開始した動風圧試験棟について、その概略と成果をご報告いたします。また、新試験棟建設後に導入した試験設備、及び動風圧試験棟における今後の予定についてご紹介いたします。

2.動風圧試験棟の試験設備の概要

現在の試験設備の概要を表1及び表2に示します。

表1 動風圧試験設備の概要

項目	概要・仕様		
チャンバー名称	小型チャンバー	大型チャンバー	屋根チャンバー
最大圧力	± 9800 Pa	± 10500 Pa	± 10500 Pa
最大脈動振幅	± 750 Pa	± 750 Pa	± 750 Pa
脈動周期	2 sec ～	2 sec ～	2 sec ～
散水量	2～6 L/(min・m ²)	2～6 L/(min・m ²)	2～6 L/(min・m ²)
試験体外寸	1980×1980 mm 2480×2480 mm 2980×3480 mm	2480×2480 mm 3980×2980 mm 4980×3980 mm	2050×2050 mm 4180×3680 mm

表2 大型送風散水試験設備の概要

項目	概要・仕様		
吹出口 開口寸法	1400×1400 mm	2000×2000 mm	2500×2500 mm
最大風速	66 m/s	47 m/s	33 m/s
脈動風	周期 3.6～5.0 sec 風速比 高速風：低速風 = 1：0.5～1：0.7		
突風	立ち上がり時間 3.0 sec 風速比 高速風：低速風 = 1：0.4		
噴霧水量	2～6 L/(min・m ²)		
ターンテーブル	外径 3000 mm 角度設定範囲 ± 170度 最大回転速度 ± 1.5度/sec		

注) 吹出口開口寸法の2000×2000 mmは、2018年12月に導入

表1の試験設備は、旧試験棟において実施していたチャンバーを用いた気密性、水密性、耐風圧性に関する性能試験を実施する試験設備を一部拡張した仕様になっております。旧試験棟と比較して試験室のスペースが広がったため、複数の作業が同時に実施することができるとともに、大型部材の試験にも対応が可能となりました。

表2の試験設備は、整備事業において新たに導入したものであり、日本で最大規模の大きさや能力を有したものとなっております。導入当初(2017年度)は、吹出口開口寸法が1400mm角と2500mm角の2種類でしたが、試験の問い合わせ内容や依頼状況を勘案して、吹出口開口寸法2000mm角を2018年12月に導入しました。現在は、この3種類の吹出口を目的に応じて試験を実施しています。

3.第一期施設機器整備事業の成果

近年の異常気象に伴う突風、ゲリラ豪雨、大型台風などの対策として、屋根や壁の建物外皮または屋外設置物などに高い性能が要求されるケースがあり、これらの要求性能を確認する目的として、当センターの試験設備をご活用いただいている状況にあります。

整備事業において新規に導入した大型送風散水試験設備は、今まで当センターをご利用いただいていたことがない建築以外の新規分野からも試験をご依頼いただいている状況にあります。また、大型化する台風により想定される被害とその対策に関する検証に利用された結果の一部がテレビ放映された例もございます¹⁻³⁾。さらに、特殊な事例として、スピードスキの滑走時における最適な滑走姿勢の検討用のトレーニングにもご活用いただいております⁴⁾。

新棟建設後の試験設備で実施した試験の一例になりますが、試験実績の概要を表3及び表4に示します。動風圧試験装置を用いた試験では、いくつかの試験方法が整備されているため、これらに基づいて試験を実施しております。なお、依頼者のご要望によっては既存の試験方法をそのまま適用することができないケースがあるため、適宜、打ち合わせを行って条件等を検討して試験を実施しております。

一方、大型送風散水試験装置を用いた試験では、試験方法が整備されていないため、依頼者の目的に応じて試験方法をその都度検討しながら試験を実施してはいたしましたが、この部門における学術的専門家の先生方にご協力いただき、昨年度末に、表5に示す2つの規格を整備することができました。これによって、試験で想定する状況(適用範囲)を明確にすることができ、一部の試験については適切に評価することが可能となりました。

試験の受託状況は、新棟の試験設備以外を利用した試験依頼も含まれた動風圧部門における試験の依頼件数の集計

表3 動風圧試験装置による試験実績の一例

試験内容	試験対象	参考規格
窓・壁等の水密性(防水性)試験	窓、壁等	JIS A 1414 JIS A 1517
窓・壁等の気密性試験		JIS A 1516
窓・壁等の耐風圧強度試験		JIS A 1515
屋根の防水、耐風圧強度試験	屋根	JIS A 1414
カーテンウォールの水密、耐風圧試験	カーテンウォール	JASS14
換気部材等の送風散水による防水、耐風圧性試験	換気部材等	JSTM L 6401 JASS 12

表4 大型送風散水試験装置による試験実績の一例

試験内容	試験対象
送風試験	屋根材、太陽光パネル、太陽集熱器、緑化用資材、看板・表示物・ルーバー・柵・エクステリア物品等の屋外設置物
送風散水試験	屋根材、壁、建具、キャビネット、宅配ボックス、換気部材、エクステリア物品等の屋外設置物

表5 2020年2月に制定した建材試験センター規格

規格番号	規格名称
JSTM J 6403	金属板葺屋根の水漏れ試験方法(送風散水試験法)
JSTM W 6401	キャビネット及び宅配ボックスの水漏れ試験方法(送風散水試験法)

になりますが、新棟建設前は380件程度(2012～2016年度の平均)であったものが新棟建設後は410件程度(2017～2020年度の平均)となっております。これは、試験設備の拡充を行ったことによる効果と、大型送風散水試験設備を新規導入したことによって新規分野からの試験受託によるものと考えられます。また、件数の増加に伴い、収益の増加にも繋がっており、整備事業の成果が数値として表れております。さらに、新棟を利用することによる件数増加だけでなく、新規分野の依頼者からの試験受託によって、当センターを知っていただくよい機会となり、新棟以外の試験設備を利用した試験受託に繋がっている点も第一期施設機器整備事業の成果と考えられます。

4. 動風圧試験棟における今後の予定

現在、立会試験のときに使用する観察用モニタの設置準備を進めております。試験を実施しているときは安全確保



写真1 カメラ

写真2 観察用モニタ

のため試験実施者以外は試験装置に近づくことができないケースがありますので、カメラ(写真1)を試験装置の近くに設置して、安全な場所でモニタ越しに観察いただく(写真2)ことを計画しております。

5. おわりに

本報告では、第一期施設機器整備事業において建設した新試験棟の動風圧部門における成果の一部についてご報告しました。2017年度の本格稼働から約4年が経過しましたが、今後も、社会情勢や顧客ニーズ等を把握するとともに、技術力向上に努め、信頼性の高い試験サービスに努めてまいりますので、引き続き、当試験設備をご活用いただけますと幸いです。

author



萩原伸治

総合試験ユニット
中央試験所 環境グループ 統括リーダー
博士(工学)

<主な担当業務>
環境部門における業務の統括

【お問い合わせ先】

中央試験所 環境グループ

TEL : 048-935-1994 FAX : 048-931-1937

参考文献

- 1) 建材試験センター ホームページ お知らせ 2019/11/29
<https://www.jtccm.or.jp/topics/tabid/552/Default.aspx?itemid=286&disprmid=1451> (参照 : 2021.09.03)
- 2) 建材試験センター ホームページ お知らせ 2019/11/05
<https://www.jtccm.or.jp/topics/tabid/552/Default.aspx?itemid=232&disprmid=1451> (参照 : 2021.09.03)
- 3) 建材試験センター ホームページ お知らせ 2018/09/08
<https://www.jtccm.or.jp/topics/tabid/552/Default.aspx?itemid=229&disprmid=1451> (参照 : 2021.09.03)
- 4) 風と流れのプラットフォーム : スピードスキー日本代表選手のトレーニング方法の調査
<http://www.jamstec.go.jp/ceist/kazenagare-pf/movie-db/index.html> (参照 : 2021.09.03)

建築ドローン領域の創成

ドローンを活用した建築技術や運用について

1.はじめに

ドローンは「空の産業革命」と言われており、様々な分野でドローンが導入・活用されている。これらドローンが社会的に注目された背景は、2015年4月に首相官邸の屋根の上にドローンが墜落したことによる。当時、私がテレビでこの事件を目にした時、首相官邸という国の重要施設に対してドローンにより空中から簡単に侵入される脅威を感じた。一方で、適正にドローンを運用できれば新規開拓・成長分野としてなり得るとの両方の思いが浮かんだ。つまり、今後、ドローンの導入や普及のためには規制と活用の両方の整備が求められるだろうと感じた。早速、私は2016年度からスタートする建築研究所・第4期中長期計画に向けて、新しい研究領域を創出するために建築内外の研究事例調査を行い、ドローンは建築研究所として大きな枠組みの中でその活用と規制の在り方について検討されるべき重要な研究テーマだと判断した。それ以降、私は建築分野におけるドローン及び関連技術の環境整備を中心として、産官学連携や異分野連携を行い、ドローンの社会実装を目標に様々な活動を続けている。

このような背景を通して、本稿ではドローンをキーワードとして、世界での動向、国内でのドローン分野の環境整備、そして建築分野の動向と関連技術について紹介する。

2.世界におけるドローン分野の動向

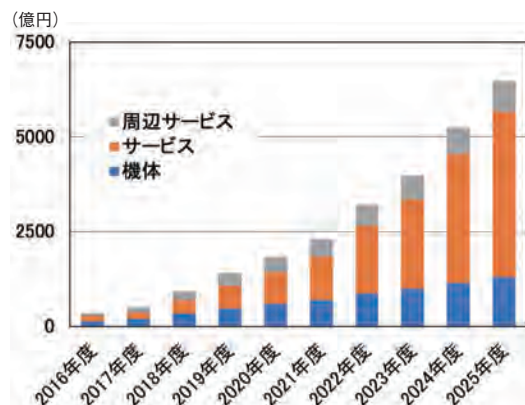
ドローンは元々軍事利用を目的として開発され、世界の中での技術革新を経て、民生品として安価なドローンとして普及した背景がある。さらにドローンは空飛ぶIoTとも呼ばれており、カメラや通信機能を搭載し遠隔地での現場の情報を収集し、タブレットやスマートフォンのデバイスによりドローンを制御することができる。今のトレンドワードで言えば、ドローンは無人化、デジタル技術、そしてDXが最初から具備された技術であり、世界の中では大きな産業の一つとして位置付けられている。世界のドローン市場規模は2018年では約1.5兆円あり、2024年には4.7

兆円を超える成長が期待されている¹⁾。世界のドローン産業を牽引している国は中国、米国、フランスであり、日本は厳しい状況に置かれているが、今後の国内の環境整備や技術開発に期待したいところである。一方、ドローンの国際標準化については、2021年2月に無人航空機(ドローン)の操縦訓練に関する国際規格「ISO23665 Unmanned aircraft systems - Training for personnel involved in UAS operations」²⁾が発行された。この規格は日本がISO側に提案したものであり、ドローン操縦訓練に関する世界共通の要件が定められている。また、本ISO規格を提案したISO/TC20/SC16では、2014年に無人航空機の国際標準化を担当する専門委員会として設置され、ドローンの安全な飛行に向けて、機体、手順、運行管理システム等に関する国際規格開発を進めている。

3.国内におけるドローン分野の動向

3.1 国内におけるドローン市場(2021年8月時点)³⁾

国内のドローンビジネス市場規模については、図1に示すように機体、サービス(ドローンを活用した業務)、周辺サービス(バッテリー等の消耗品、定期メンテナンス、人材育成や任意保険)に分類すると、2016年度は機体開発の市場が大きかったが、現在ではドローンを各サービス分野で運用していくための市場が拡大化している。そのド

図1 国内のドローンビジネス市場規模³⁾

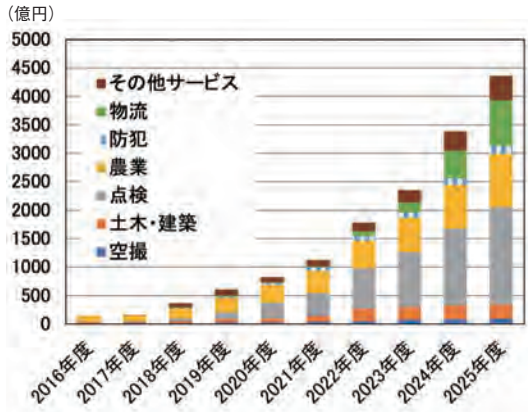


図2 ドローンサービス市場の分野別市場規模³⁾

ローンサービス市場においては、図2に示す空撮、土木・建築、点検、農業、防犯、物流について分類される中で、点検市場の割合が高くなっている。これら点検分野とは橋梁、鉄塔、基地局、発電施設、プラント、工場やビル、船舶といったインフラや設備点検が含まれている。さらに、最近では土木・建築分野についても注目されており、小型ドローンを活用し、人による点検が困難であった天井や屋根裏空間、配管ダクトの中などの点検を行う事例も増えており、新しい点検領域として期待されている。

3.2 ドローンの法整備⁴⁾

ドローンに関わる法整備は、前述の2015年4月の首相官邸無人機墜落事件を契機として本格化し、同年12月に改正航空法により、ドローンの定義や飛行ルールが定められた。また、航空法以外の規制、例えば小型無人機等の飛行禁止法等の法律も整備され、ドローンを取り巻く規制は複雑化している。ここではドローンを用いて建築物の点検調査を実施する場合を例として、航空法について紹介する。ドローンの飛行許可申請が必要となる要件は、①飛行空域と②飛行方法に分類されている。①について、図3に示すように(A)空港等の周辺の上空の空域、(B)緊急用務空域、(C)150m以上の高さの空域、(D)人口集中地区の上空の4つの空域に該当する場合は、飛行許可申請が必要となる。例えば、都市部での建築物の調査については(D)が該当することが多い。②については下記の[1]～[10]のドローンの飛行ルールが定められている。この中で[5]～[10]のルール(図4)によらずに無人航空機を飛行させようとする場合には、地方航空局長の承認を受ける必要がある。

- [1] アルコール又は薬物等の影響下で飛行させないこと
- [2] 飛行前確認を行うこと
- [3] 航空機又は他の無人航空機との衝突を予防するよう飛行させること
- [4] 他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと
- [5] 日中(日出から日没まで)に飛行させること
- [6] 目視(直接肉眼による)範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること

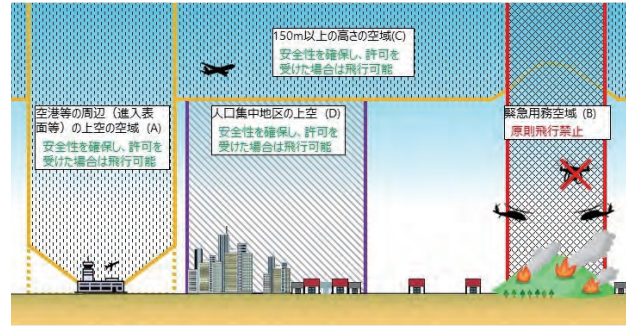


図3 飛行許可が必要となる空域⁴⁾

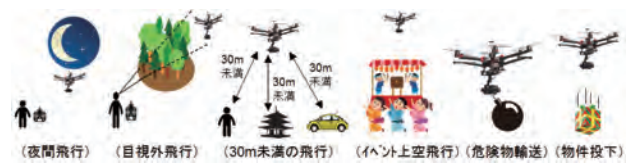


図4 飛行承認が必要となる飛行の方法⁴⁾

- [7] 人(第三者)又は物件(第三者の建物、自動車など)との間に30m以上の距離を保って飛行させること
- [8] 祭礼、縁日など多数の人が集まる催しの上空で飛行させないこと
- [9] 爆発物など危険物を輸送しないこと
- [10] 無人航空機から物を投下しないこと

この中で建物外壁点検では、[7]番の第三者やその物件に対する距離30m未満、あるいは(D)人口集中地区でのドローン飛行が想定され、ドローンの飛行許可申請が必要となる。しかし、今年10月の航空法改正での係留利用により規制が緩和され、ドローンの利用促進が期待される。さらに、ドローンによる物の輸送については、離発着が建物間で実施されることも予想され、航空法は建築関係者にとっても重要な法令となる。これに関しては、2021年3月9日にドローンに関わる航空法等の一部を改正する法律案が閣議決定され、ドローンなどの無人航空機の「有人地帯上空での補助者なし目視外飛行」(レベル4飛行)を実現するための制度整備が行われている。このレベル4は、都市の物流・警備、防災直後の救助・避難誘導・消火活動の支援、都市部のインフラ点検などを対象としている。来年度以降に、都市上空でドローンが飛行させる取り組みが行われ、地上の都市・建築の空間においても同様の環境整備が求められると思われる。

4.ドローンを活用した建築技術

4.1 各建築部門におけるドローンの活用

各建築部門において、ドローンの開発や導入が進められている。表1は日本建築学会大会においてドローン、無人航空機(無人機)、UAV(Unmanned Aerial Vehicle)をキーワードとした研究題目について取り上げた論文を示し

表1 建築分野におけるドローンの活用と水準

年度	建築分野におけるドローンの活用							合計
	点検	災害	都市	工事	環境	輸送	文化	
2012	0	0	0	0	0	0	1	1
2015	0	0	3	0	0	0	0	3
2016	3	0	0	1	0	0	0	4
2017	6	3	1	1	3	1	0	15
2018	11	3	0	1	0	1	0	16
2019	8	3	0	0	2	0	0	13
2020	7	3	0	0	1	0	2	13
合計	35	12	4	3	6	2	3	65

ている。2015年頃から建物の点検をキーワードにした論文が増え始め、次に災害にドローンを使う事例が続いている。なお、研究論文の中からは上記キーワードを抽出できていないが、ドローンが研究のツールの一つとして利用されてきていることがうかがえる。なお、2021年度日本建築学会大会では研究協議会「ドローン技術の社会実装」が行われ、ドローンの安全確保、及び施工管理、外壁調査、建築設備、災害分野へのドローン活用と課題について紹介され、ドローンの普及が徐々に見え始めている。

4.2 建築研究所におけるドローン関連研究紹介

私は建築研究所におけるドローン技術について、①建物調査、②災害調査、③デジタル技術、④安全技術の4つを

キーワードとして各種研究を実施している。本稿は①について特に重要な項目について記述する。

4.2.1 ドローンによる建物調査

私が最初にドローンを飛ばしたのは、写真1に示す端島（軍艦島）であった。2016年に日本コンクリート工学会の委員会活動の一環として、屋根防水の調査のためにドローンを用いた。ドローンに搭載されたカメラにより100m上空から軍艦島の全景を撮影し、建物屋根面の保護コンクリートの破損状況やその内部のアスファルト防水の状況を観察した。また、外壁についてはコンクリートや鉄筋腐食状況の観察や、部屋の内部状況について把握し、ドローンによる調査の利点は、建物群の全体撮影から各建物の状況撮影に至るまで短時間で実施可能であり、時間的なメリットが大きいことを実感した。

次に、ドローン搭載のカメラによる定量的な検討事例を示す。ドローンに搭載されるカメラにより、コンクリートのひび割れを抽出し、3次元あるいは2次元モデルの図に置き換え、ひび割れ幅や長さを示している（図5及び図6）。これら情報は、建物の補修・改修における基礎情報となり、また今後の点検のための記録としても重要な情報となる。次に、別物件の事例として、5階建てRC造建築物における外壁と屋根について、地上からの調査委員の目視点検と、地上調査員とドローン撮影のハイブリットでの調査を



写真1 ドローンで撮影した端島（軍艦島）の状況（2016年12月時点）

比較した例を表2に示す。地上からの調査員による目視調査では、外壁・巾木（高層部）、バルコニー手摺・床面、小庇での調査可能な割合が低い。しかし、上記箇所をドローンの撮影により補完することで、建物調査範囲を広げることが可能となる。

4.2.2 赤外線搭載ドローンによる建物調査

ドローンの優位性の一つは、ドローンに計測機器を搭載して調査を行うことにある。その例として、赤外線搭載ドローンに関わる調査事例を紹介する。タイル外壁等の定期調査について、建築基準法第12条第1項の規定に基づき、原則10年ごとにテストハンマーによる全面打診などによる調査が求められている。しかし、全面打診による仮設足場による費用負担の問題や点検調査の効率化が求められる。これより、2017-2018年度に国土交通省建築基準整備促進事業（T3）⁶⁾が実施され、実建物を用いての赤外線装置を搭載したドローンによる調査を実施し、実施要領を作成した。さらに、これら成果を踏まえて、2020年度に新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が「規制の精緻化に向けたデジタル技術の開発／ドローン等を活用した建築物の外壁の定期調査に係る技術開発」⁷⁾に取り組んだ。本事業には建築研究所も協力し、日本建築防災協会、日本建築ドローン協会、神戸大学、日本アビオニクス、コンステックの事業者が、写真2に示すドローン飛行時における

風などの外乱の影響下でも高い性能を維持する小型赤外線装置と、これを搭載して安全な外壁調査を実現する近接調査用ドローンシステムを開発した。今後、外壁タイルの点検調査においてこれまでの打診検査と併用しながら、赤外線装置を搭載したドローンの適用範囲を決めた上で効率的に調査する方法が普及していくものと考えられる。

4.2.3 屋内狭所空間でのマイクロドローンの活用

産業用ドローンや一般的なドローンは、屋外での無限の空域内での利用を想定して開発されており、ある程度の重量と大きさを持っている。また、ドローンには障害物検知センサーやジオフェンスなどの安全機能を具備し、屋外環境における安定飛行を可能とし、各種サービスに応じて仕様がカスタマイズされている。一方で、狭い、暗い場所での限られた屋内空間でのドローン利用も期待されている。このような屋内環境では屋外と異なり、ドローンの大きさは制限され、建築狭所空間ではマイクロドローンと言われる写真3の左側に示す重量200g未満の小さなドローンが利用されている。例えば、マイクロドローンは天井裏、床下などの人の目が届かない場所で飛行させることも多いため、操縦者は写真4に示すようにゴーグルを装着して、マイクロドローンに搭載されたカメラを通して狭所空間を操縦飛行する場合もある。

なお、屋外空間と屋内空間でのドローンの利用は空間の



図5 ドローンで撮影した建物壁面の3次元モデル



図6 ドローンで撮影した建物壁面の2次元モデルにひび割れ位置・長さ・幅を記入

表2 5階建てRC造建築物外壁と屋根調査結果⁵⁾

調査対象部位	対象面積	調査できた範囲			
		調査員調査		ドローン調査 ハイブリッド調査	
		面積	割合	面積	割合
外壁・巾木	134.2㎡	87.4㎡	65%	134.2㎡	100%
バルコニー手摺壁外壁側	50.6㎡	50.6㎡	100%	50.6㎡	100%
バルコニー手摺壁内壁側	32.5㎡	6.5㎡	20%	8.0㎡	25%
バルコニー手摺壁天端	4.8㎡	0.96㎡	20%	4.8㎡	100%
バルコニー床面	53.4㎡	10.7㎡	20%	42.7㎡	80%
バルコニー上裏(1階除く)	49.7㎡	49.7㎡	100%	49.7㎡	100%
大庇(上裏・見付)	24.5㎡	24.5㎡	100%	24.5㎡	100%
小庇(上裏・見付)	8.8㎡	8.8㎡	100%	8.8㎡	100%
小庇(天端)	5.6㎡	0㎡	0%	5.6㎡	100%
妻側外壁・巾木	81.2㎡	81.2㎡	100%	81.2㎡	100%
妻側底上裏・見付	5.7㎡	5.7㎡	100%	5.7㎡	100%
屋根	534.6㎡	534.6㎡	100%	534.6㎡	100%



写真2 近接調査用ドローンシステム⁷⁾



写真3 マイクロドローンの例

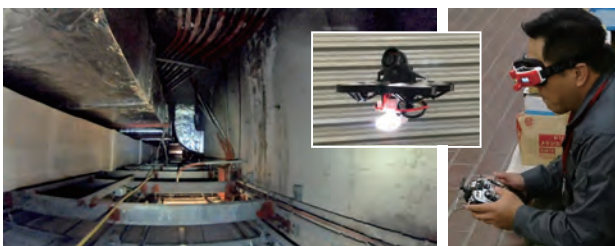


写真4 ゴーグルを装着し、マイクロドローンにより天井裏を点検している状況

表3 屋外と屋内空間でのドローン活用の比較

空間	屋外空間	屋内空間（閉空間）
関連法令	航空法等	建築基準法等
空間領域	無限大（∞）	有限
ドローン	大型～小型	小型～マイクロドローン
飛行難易度	高（飛行レベル4）～低（航空法・飛行申請不要）	高（非GPS環境下）
活用領域	ドローン分野全体	各建築部門

違いだけでなく、別の条件も異なってくる。例えば、表3に示すように、ドローンでの屋外飛行は主に航空法、小型無人機等飛行禁止法、道路交通法等が適用されるが、屋内では航空法適用除外となる。また建築基準法等が関係するかもしれないが、建物所有者の許可等に大きく依存し、建築側での適正な判断が必要となる。一方、屋内では自己位置推定のためのGPS捕捉が利用できず、飛行高度維持機能もない場合もあり、さらに飛行空間直径1m以内で飛行させるマイクロドローンの場合は、極端に操縦難易度が高くなる。これより、建築狭所空間におけるマイクロドローンの利用においては、新たな環境整備が必要となる。

これら背景により、私はWG主査として2020年に（一社）日本建築ドローン協会内に建築狭所空間ドローン利活用WGを設置し、各建築部門の専門家及びマイクロドローンの高度操縦技能者から構成されるWG委員と協議し、狭所空間における調査業務を遂行可能な人材教育と業務支援をする取り組みの検討をスタートした。また、2021年3月にはマイクロドローン活用セミナーを開催し、マイクロドローンに関わる開発から活用に至る最新情報をご提供し、マイクロドローンのWG活動の進捗状況について報告した。

5. ドローンの運用例

ドローンを各サービス分野で運用していくためには、安

全対策が必要不可欠となる。前述の通り、屋外での飛行については航空法やその他法令に従い、安全飛行を実施することになる。一方で、建物の点検調査においては、2017年当時、ドローンは近接調査そして人口集中地区での利用が想定されるため、建築分野独自の新たな具体的な安全対策が必要となった。ここで、建築分野でのドローン利用の安全運用を中心に検討を進めてきた（一社）日本建築ドローン協会（JADA）では、2018年に「建築物へのドローン活用のための安全マニュアル」を作成し、このマニュアルをテキストとして「建築ドローン安全教育講習会」⁹⁾を実施した。本マニュアルは、図7に示す技術編と実用編の2編から構成されており、技術編において、第1章では建設業にてドローンを安全に運用することを前提とした適用範囲、基本方針、関係法令等の基礎を説明している。第2章ではドローンの活用に関わる建築知識を説明している。第3章では建築業務でドローンを活用する際に必要となるドローンの制御技術、搭載機器、電波・無線に関する技術について記述している。実用編において、第4章では施工管理に関わるドローン飛行時の安全管理を徹底させることを重要視し、責任体制、飛行計画等について建設現場で適用できるように示している。第5章ではドローンを活用して安全に建築物の調査を実施することを前提とし、要求事項と優先順位、調査手順、予備調査、調査結果報告までの一連の過程を詳述している。この第4章と第5章において、図8に示すように建築物の点検調査及び工事において、ドローンに関連する職務の遂行に責任を負う者を「建築ドローン飛行管理責任者」として定義している。この責任者は、建築を専門とする調査者とドローンを操縦する者のコーディネーターの役割を担うシステムを提案し、建築ドローン飛行管理責任者の責務と権限、職務と役割を担う。また、2019年に「建築ドローン標準業務仕様書（案）【点検・調査編】」¹⁰⁾を制定した。その目次を表4に示す。本仕様書（案）は建築物に関わるドローンを利用した点検調査業務の発注に用いることを念頭に、発注者がドローンを使用する受注者に対して指示する事項を定めるために作成され

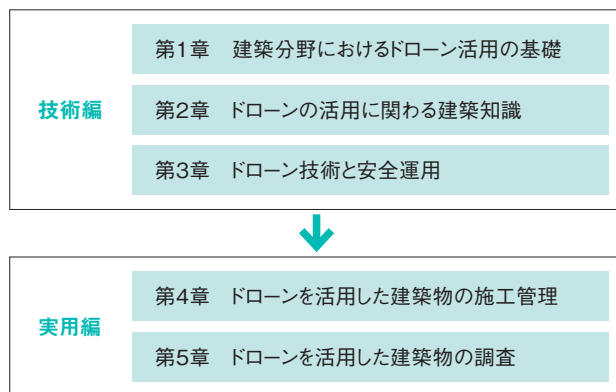


図7 JADA「建築物へのドローン活用のための安全マニュアル」の構成⁹⁾

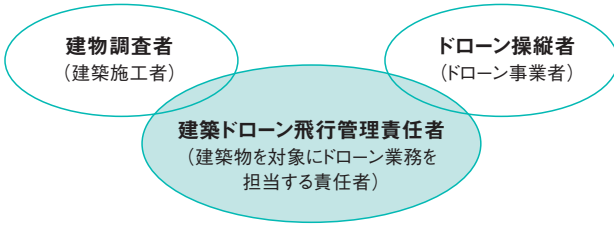


図8 JADAマニュアルで定義するドローン飛行管理責任者の役割⁹⁾

た。仕様書(案)にはドローンによる建物点検調査に係る現状確認、基本調査、詳細調査の必要事項や報告について記載されている。このようにドローンの運用については、建築物を対象とした安全飛行を前提としたルールが徐々に整備されつつある。

6.まとめ

ドローンは、生活の道具の一つとして社会実装される可能性が高い技術であると考えられる。例えば、自動車のように物を運ぶための手段として使われ、ドローンの延長線上には、政府が取り組んでいる「空飛ぶ車」などがドローンの派生技術として挙げられる。またドローンは、無人飛行機(回転翼)以外に、VTOL(垂直離着陸飛行機)、ローバー、ヘリコプター、水中ドローンなどの陸海空で利用でき、ドローンに搭載されているフライトコントローラーにより自動制御も一般化しつつある。さらにドローンとAI、XR、IoTなどの技術とを融合してヒューマノイドへと拡張

させることも可能であると考えられる。一方で、技術が高度化するほど、私たちはその技術利用の選択と運用に対する責任が求められる。建築物の点検を例に挙げると、タイル外壁の浮き検出のために、ドローンに搭載する赤外線装置を利用することは省力化に繋がり、技術の高度化にもなるが、現時点では同じ装置を利用しても浮きの検出の結果は異なる場合がある。これは技術から得られた結果に対して、運用側(人)が客観的にその結果を評価可能な能力を持ち合わせていないと、人が技術に依存・支配されることになり、所謂、シンギュラリティ(技術的転換点)の例とも言える。これより、ドローンなどを建築技術として導入・活用する上では、今以上に運用側の理解や技術・運用能力が必要になると思われる。

表4 (一社)JADA建築ドローン標準業務仕様書(案)【点検・調査編】¹⁰⁾

第1章 総則
1.1 目的
1.2 適用範囲
1.3 用語
1.4 関係法規等の遵守
1.5 ドローン点検・調査の実施組織
1.6 ドローン点検・調査における安全対策
第2章 ドローンを利用した建築物の点検・調査
2.1 総則
2.2 ドローンを利用した建築物の基本調査(ドローンを用いた外観調査)
2.3 ドローンを利用した建築物の詳細調査(ドローンを用いた詳細調査)
2.4 ドローンを利用した建築物の現状確認(ドローンを用いた現状確認)
2.5 点検・調査機器(撮影機器とドローンの機種)の選定
2.6 事前調査
2.7 ドローンを利用した建築物の点検・調査実施計画書
2.8 ドローンを利用した建築物の点検・調査の実施
2.9 ドローンを利用した建築物の点検・調査結果の報告
2.10 記録と保管
2.11 個人情報(プライバシー権)の保護
第3章 ドローン等機器類
3.1 ドローンの機能の条件
3.2 ドローンを利用した建築物の点検・調査に使用する各種測定装置に対する条件
3.3 機器類の管理
3.4 データの管理

引用・参考文献

- 野波健蔵：続・ドローン産業応用のすべて—進化する自律飛行が変える未来—, オーム社, 2020年8月
- ISO 23665:2021, Unmanned aircraft systems — Training for personnel involved in UAS operations (<https://www.iso.org/standard/76592.html>)
- 春原久徳, 青山祐介：ドローンビジネス調査報告書2021, インプレス総合研究所, 2021年4月1日
- 国土交通省：無人航空機(ドローン等)の飛行ルール, http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html
- 富沢彰之他：建物の各種点検におけるドローン活用の優位性の検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp.1061-1062, 2021年9月
- 国土交通省建築基準整備促進事業T3：非接触方式による外壁調査の診断手法および調査基準に関する検討, <https://www.mlit.go.jp/common/001288930.pdf>, 2018
- NEDO, 日本建築防災協会, 日本建築ドローン協会, 神戸大学, 日本アビオニクス, コンステック：ドローン等を活用した建築物の外壁の定期調査に係る技術開発, <https://jada2017.org/news/notice/1092>, 2021年4月
- 宮内博之：屋内狭所空間におけるマイクロドローンの活用と課題に関する調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp.1069-1070, 2021年9月
- (一社)日本建築ドローン協会：建築ドローン安全教育講習会, <https://jada2017.org/recture>
- (一社)日本建築ドローン協会：建築ドローン標準業務仕様書(案)【点検・調査編】, <https://jada2017.org/news/activity/801>, 2019年9月27日

author



宮内博之

国立研究開発法人建築研究所
材料研究グループ主任研究員

コンクリート材料の高温時特性の解明を目指して

温度上昇時におけるコンクリート試験体の重量減少に関する考察

1.はじめに

火災加熱を受けるコンクリート構造物について熱応力解析を行う場合、コンクリートの熱膨張ひずみと高温時応力-ひずみ関係に加えて、圧縮応力を受けながら温度上昇する際に生じる載荷時熱ひずみを定式化する必要がある。この載荷時熱ひずみは、クリープひずみや応力ひずみが一体となった収縮ひずみであり、コンクリートが加熱されることで生じる水分の蒸発やセメント水和物の脱水と深く関係していることが知られている。そのため、これらの水の逸散性状との関係に基づき載荷時熱ひずみを定式化できれば、熱応力解析の精度をより高められる可能性がある。その際、水の逸散性状を定量的に表す要因として、加熱時におけるコンクリートの重量減少を用いることは有効である。このような重量減少のデータとして、粉末試料を用いた熱分析によるものは数多く報告されている。一方、コンクリートが構造物の部材のように一定の体積を有する場合と粉末試料の場合では、同じ加熱を行ったとしても水分の逸散性状が異なることが想定される。そのため、構造物の熱応力解析に資することを目的とした場合、一定の体積を有するコンクリート試験体が加熱される際の重量減少の経時変化に関するデータが必要となる。

表1 実験条件および試験体の含水率

試験体記号	水セメント比	養生条件	密度 (g/cm ³)	重量含水率
65A	0.65	気乾	2.23	2.13%
65D	0.65	絶乾	2.19	0.03%
65S	0.65	封かん	2.30	6.62%
50A	0.50	気乾	2.27	2.81%
50D	0.50	絶乾	2.21	0.04%
40A	0.40	気乾	2.30	3.31%
40D	0.40	絶乾	2.23	0.06%

以上より、本研究では、様々な水分条件を有するコンクリート試験体の重量減少測定実験を実施し、800℃までの温度上昇時における試験体の水分損失について考察を行った。なお、本研究における技術的な内容の詳細は日本火災学会論文集¹⁾に掲載されているため、興味のある方は参照されたい。

2.実験条件および試験体

本研究では、コンクリート試験体の水分条件が温度上昇時における重量減少に及ぼす影響を検討するため、試験体の水セメント比および養生条件を実験条件とした(表1)。実験方法および実験結果を4.2節に示す。

コンクリート試験体の使用材料を表2、調合条件を表3に示す。試験体の寸法は、φ75×150mmである。試験体は、材齢28日まで標準水中養生を行った後、20℃・60%R.

表2 コンクリートの使用材料

セメント [C]	普通ポルトランドセメント ・密度：3.16 (g/cm ³)
粗骨材 [G]	硬質砂岩 ・絶乾密度：2.63 (g/cm ³) ・吸水率：0.60% ・最大寸法：20 (mm)
細骨材 [S]	陸砂 ・絶乾密度：2.53 (g/cm ³) ・吸水率：1.91%
混和剤 [Ad]	AE減水剤

表3 コンクリートの調合条件

W/C	S/(S+G) (% by vol.)	W	C	S	G	Ad/C (% by mass)
		(kg/m ³)				
0.65	47.0	176	271	841	973	0.25
0.50	45.0	176	352	777	973	0.25
0.40	42.6	176	440	704	973	0.25

H.に設定された室内で養生を行った。その際、気乾状態 (Air-dried) で養生を行った試験体を気乾試験体、ビニルシートで包んだ状態 (Sealed) で養生した試験体を封かん試験体と呼ぶ。また、気乾試験体と同様の養生を行い、実験前に105℃に設定された乾燥機内で14日間の事前乾燥 (Oven-dried) を行った試験体を絶乾試験体と呼ぶ。各試験体の実験時における材齢は414～425日である。

3.試験体が含有する水の定量化

本研究では、コンクリートに含まれる水を蒸発性水分、セメント水和物のゲル水および化学結合水、骨材の結晶水の4種類に大別した。これらの水の逸散がコンクリート試験体の重量減少に及ぼす影響を明らかにするため、各水量の定量化を行った。

3.1 蒸発性水分

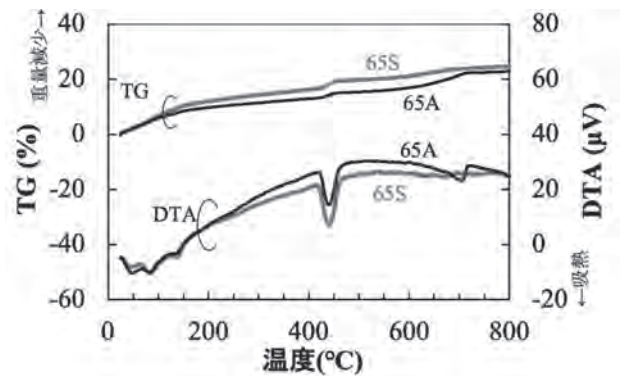
コンクリート中の蒸発性水分は一般的に、105℃で乾燥することで生じる損失分と分類され、主にセメント水和物の毛管水および骨材の吸収水から成ると考えられる。本研究では、試験体を105℃で14日間乾燥した際に生じる重量減少を蒸発性水分量と定義した。表1に気乾試験体と封かん試験体の乾燥後重量に対する含水率、表4に各試験体の蒸発性水分量を示す。なお、乾燥を始めて7日から14日にかけての重量変化率は0.02～0.05%であり、水セメント比が小さいほど値が大きくなったが、いずれも0.1%以下であったことから、14日間乾燥時の試験体重量を恒量とみなした。気乾試験体の含水率は、水セメント比が小さい試験体ほど高くなった。また、封かん試験体の含水率は、気乾試験体の約3倍であった。表1と表4には、絶乾試験体の含水率および蒸発性水分量も併せて示す。蒸発性水分量は絶乾試験体を105℃で14日間乾燥した際の重量減少とし、蒸発性水分量を乾燥後重量で除すことで含水率を算出した。絶乾試験体の含水率はいずれも0.1%未満であった。

3.2 セメント水和物のゲル水および結合水

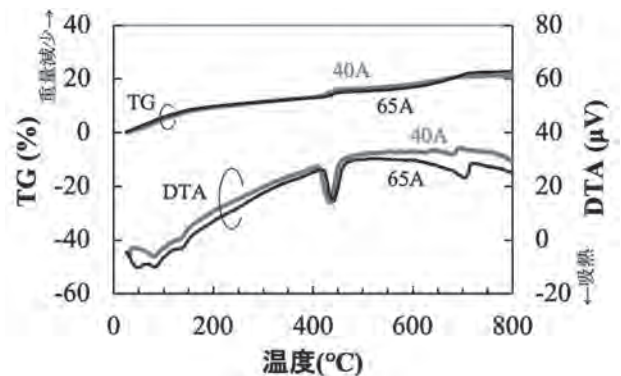
セメント水和物のゲル水とは、C-S-H (けい酸カルシム水和物) の層間に表面力によって保持される水 (層間水、interlayer water) などを指す。また、セメント水和物に化学的に結合する水 (以下、結合水) の大部分は、Ca(OH)₂ (以下、CH) とC-S-Hの結合水である。ゲル水と結合水は、105℃以下では蒸発しない非蒸発性の水 (以下、非蒸発水) に分類される²⁾。本報では、試験体が含有するゲル水量と

結合水量を定量化するため、試験体と同様の養生を行ったコンクリートから採取したセメント水和物について熱分析実験 (TG/DTA) を行った。実験では、採取したセメント水和物をアセトンにより水和停止処理した後、44μm未満に摩砕したものを試料とした。実験は窒素ガス下で行い、加熱速度は10℃/分とした。

熱分析実験の結果の一例を図1に示す。セメント水和物の重量減少 (TG) は、150～400℃で一様に増加した後、400～470℃にかけて吸熱反応と共に勾配が増大した。前者の重量減少は主にゲル水の脱水、後者の重量減少勾配の増加はCHの分解により結合水が放出されることによる。CHの分解終了後も重量減少は継続するが、これはC-S-Hの分解により結合水が放出されるためである。また、封かん試験体以外では、550～700℃で吸熱反応と共に重量減少の勾配が増加した。これは、CaCO₃ (以下、CC) の分解によりCO₂が放出されるためである。CCは、養生中にコンクリートが中性化したことにより生じたと考えられ、封かん養生を行うことで外気に触れなかった65SではCCの分解反応はほとんどみられなかった (図1 (a))。また、水セメント比が小さいコンクリートは中性化が抑制されるため、CCの分解に伴う重量減少も少なくなった (図1 (b))。CHの分解により放出された結合水の測定結果に基づき、各試験体の含有するゲル水量と結合水量を算出²⁾した結果を表4に示す。同じ水セメント比で比較すると、絶乾試験



(a) 養生条件の影響



(b) 水セメント比の影響

図1 セメント水和物の熱分析結果

表4 試験体の含有する水分量 (単位: g)

試験体	65A	50A	40A	65D	50D	40D	65S
蒸発性水分	30.9	40.6	48.6	0.43	0.62	0.94	98.9
ゲル水	16.3	19.9	29.8	16.7	26.1	32.0	19.6
結合水	19.7	24.2	36.1	20.2	31.7	38.8	23.7

体のゲル水量および結合水量は気乾試験体よりも多くなった。これは、105℃での絶乾養生によって水和が促進されたためと考えられる。また、封かん養生を行った場合も水和が促進されるため、各水量が増加した。

3.3 骨材の結晶水

骨材には、非蒸発性の結晶水が存在する。本研究で使用した硬質砂岩の場合、400℃を超える温度では、結晶水などの放出による重量減少が相当量生じることが報告されている³⁾。そのため、本報では骨材の結晶水等の放出により生じる重量減少の定量化を行った。予備の骨材を保管していなかったため、試験体と同様の養生を行ったコンクリートから粗骨材と細骨材を採取した。採取した骨材は粉碎した後、メノウ乳鉢を用いて十分に摩砕することで、骨材からセメント水和物を分離するとともに、セメント水和物を微粒化した。そして、0.15mmふるいでふるい分けることで、セメント水和物を除去した。ふるいに残留した骨材試料は、絶乾養生した後、実験に供した。粗骨材に対する細骨材の重量比は、各試験体の調合における骨材の重量比の平均である0.8とした。試料は、マッフル炉を用いて、コンクリート試験体の重量減少測定実験と同じ1.5℃/分の加熱速度で加熱した。炉内温度が設定温度に到達後、試料をデシケーター内へ移動し、冷却してから重量を測定した。設定温度は500℃および800℃とし、各温度につき2試料の測定を行った。

図2に骨材の重量減少率と温度の関係を示す。500℃までの骨材の重量減少は僅かであるが、800℃では絶乾重量の約2%に相当する重量減少が生じた。既往の研究³⁾では、結晶水等の放出による骨材の重量減少は温度にほぼ比例して生じていることから、実験結果を下式により近似した(図2)。

$$M_a = 0.0071 \times (T_a - 480.6) \quad (1)$$

ここに、 M_a ：絶乾重量に対する骨材の重量減少率(%)

T_a ：骨材温度(℃)

4. コンクリート試験体の重量減少測定実験

4.1 実験方法

コンクリート試験体の重量減少測定実験では、試験体を800℃まで加熱しながら試験体重量の測定を行った。加熱速度は、火災時における鉄筋コンクリート部材のコア部分における昇温速度を想定し、1.5℃/分とした。実験装置の概要を図3に示す。実験では、箱型電気炉を用いて同種類の試験体を2体ずつ、合計4体の加熱を同時に行い、同種類の試験体のうちの1体で試験体重量、残りの1体で試験体内部温度を測定した。試験体は、電気炉の上方からステンレスワイヤーで吊るしたステンレス籠に入れた状態で加熱した。電気炉からの直接の輻射を避け内部温度差を緩和するため、試験体の外周にはセラミック製耐火クロスを巻きつけた。重量測定用試験体は、ワイヤーの途中にロード

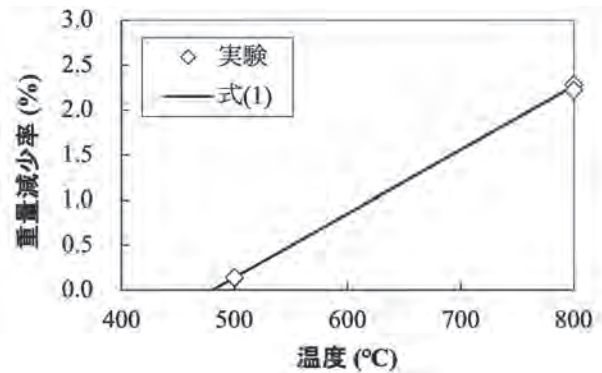


図2 骨材の重量減少測定結果

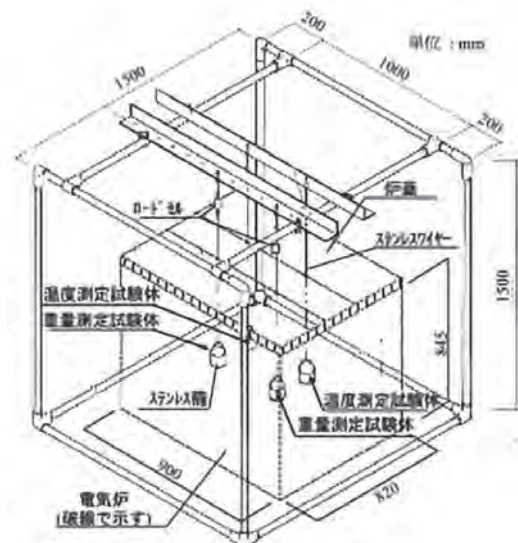


図3 実験装置の概要

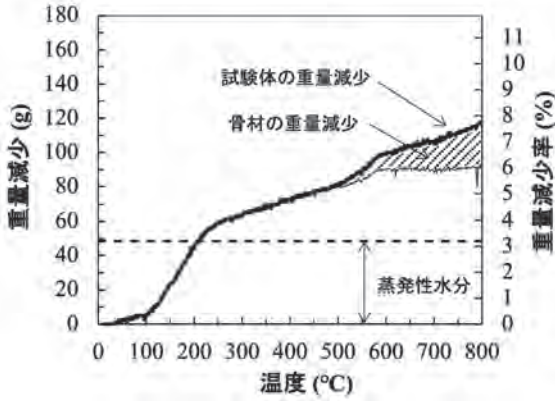
セルを介して吊るした。温度測定用試験体にはK熱電対を埋め込み、重量測定用試験体の内部温度は温度測定用試験体と同じとみなした。

4.2 実験結果

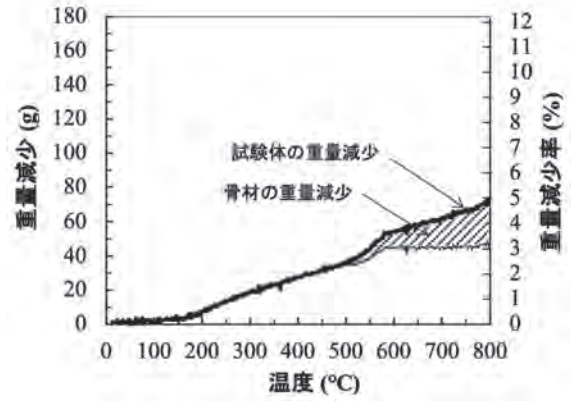
図4(a)～(g)に各試験体の重量減少および重量減少率と試験体温度の関係を示す。重量減少率は、試験体の初期重量に対する割合を表す。

気乾試験体および封かん試験体の重量減少は加熱開始後から徐々に始まり、100℃を超えると急激に増加した(図4(a)～(d))。この重量減少は蒸発性水分の蒸発によるものであり、気乾試験体は約200℃、封かん試験体は約250℃まで概ね一様に増加した。図5に示すように、100～200℃における気乾および封かん試験体の蒸発速度の平均は、試験体の含水率に比例して増加する傾向がみられ、試験体40Aは65Aの1.4倍、65Sは65Aの2.3倍の蒸発速度となった。

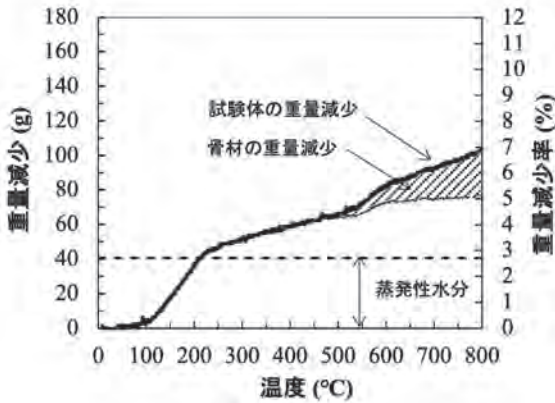
一方、絶乾試験体の重量減少は200℃程度から増加した(図4(e)～(g))。これは非蒸発水の放出が始まるためと考えられる。気乾および封かん試験体でも、非蒸発水が放出されることにより、蒸発終了後も重量減少が継続した



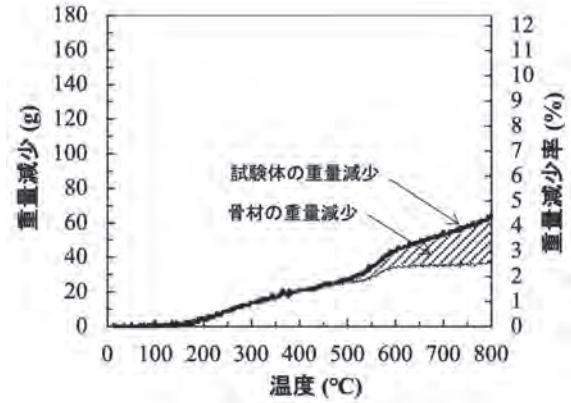
(a) 試験体40A



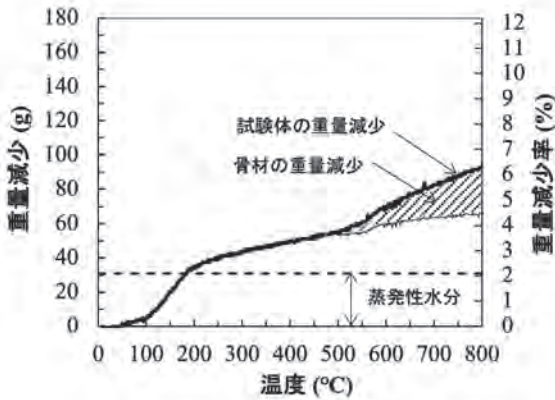
(e) 試験体40D



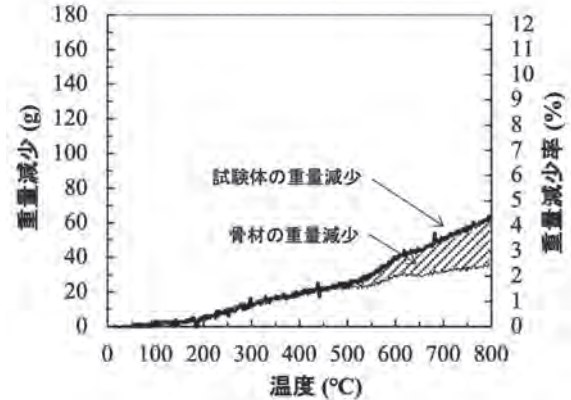
(b) 試験体50A



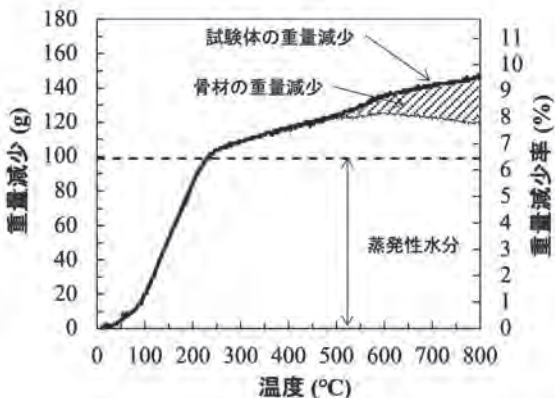
(f) 試験体50D



(c) 試験体65A



(g) 試験体65D



(d) 試験体65S

図4 試験体の重量減少と温度の関係

(図4 (a) ~ (d))。そして、いずれの試験体も、重量減少は800℃まで継続した。800℃での重量減少率は、絶乾試験体は4~5%、気乾試験体は6~8%、封かん試験体は9.5%であった。

図4 (a) ~ (g) に、式 (1) より算出した骨材の結晶水等の放出による重量減少も示す。その結果、500℃以降に生じるコンクリート試験体の重量減少に占める骨材の重量減少の割合は7割以上に上ることが分かった。なお、試験体65Sでは、骨材分を減じた重量減少が600℃以降において下り勾配になった(図4 (d))。これは、コンクリート試験体内では骨材の結晶水等が放出されにくい状況にあり、実

際に生じた骨材の重量減少が式(1)の算出値よりも少なくなつたためと考えられる。同様に、65S以外の試験体についても、骨材の重量減少を多く見積もることにより、骨材分を減じた重量減少の勾配は緩やかになっている可能性がある(図4(a)~(c)、(e)~(g))。実際に生じた骨材の重量減少をより精確に把握するには、高温時におけるコンクリートの透気性を考慮する必要があり、今後の検討課題とする。

以上の結果を踏まえ、次章では、本実験におけるセメント水和物の脱水、分解性状に関する考察を行う。

5. セメント水和物の脱水・分解性状

5.1 重量減少測定実験における脱水・分解性状

気乾および封かん試験体では蒸発終了後から、絶乾試験体では非蒸発水の放出開始後から、試験体の重量は500℃程度まで一様に減少した(図4(a)~(g))。この間に生じた重量減少は3.2節で算出したゲル水量と概ね一致することから、ゲル水の脱水によるものと考えられる(図6)。図7に示すように、250~500℃におけるゲル水の脱水速度の平均は、各試験体の含有するゲル水量に比例して増加する傾向がみられ、試験体40Aは65Aの1.5倍、65Sは65Aの1.3倍の脱水速度となった。

500~600℃の間では、主にCHの分解に伴い重量減少の勾配が増加した(図4(a)~(g))。この温度域でCHの分解が生じるのは、Castelloteらによるセメント硬化体の加

熱実験でも報告されている⁴⁾。

3.2節で述べたように、熱分析実験においてはCHの分解終了後もC-S-Hの分解に伴う重量減少が生じた。一方、試験体40A、40D、65Sの重量減少測定実験では、CHの分解が終了する600℃以降に生じる重量減少は骨材の結晶水等の放出によるものであり、セメント水和物の分解による重量減少は極めて少なかったと考えられる(図4(a)、(d)、(e))。本実験で生じたセメント水和物の分解の程度を検討するため、図8に、500~800℃におけるコンクリート試験体の重量減少から式(1)の算出値を減じて得たセメント水和物の分解による重量減少の推定値と、3.2節で算出した結合水量の比較を示す。4.2節で述べたように、骨材の重量減少を多く見積もることにより、セメント水和物の重量減少の推定値は実際よりも幾分か少なくなっている可能性がある。この点を考慮しても、試験体40A、40D、65Sでは、セメント水和物の重量減少の推定値は結合水量よりもはるかに少なく、C-S-Hの大部分は分解していないと推察できる。以上より、これらの試験体では、重量減少に影響を及ぼす程度のC-S-Hの分解は生じず、セメント水和物の脱水および分解に伴う水分放出はCHの分解によるものでほぼ終了したと考えられる。これは、次節で考察するように、試験体の透気性と加熱条件の影響によるものと考えられる。これらの影響は、試験体50A、50D、65A、65Dにも同様に及ぶものである。そのため、本実験では、全ての試験体において600~800℃におけるセメント水和

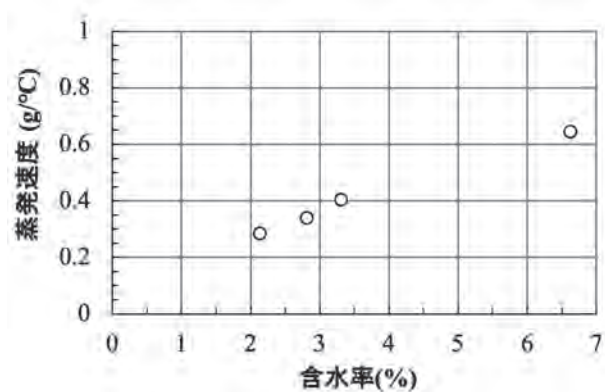


図5 蒸発速度と含水率の関係

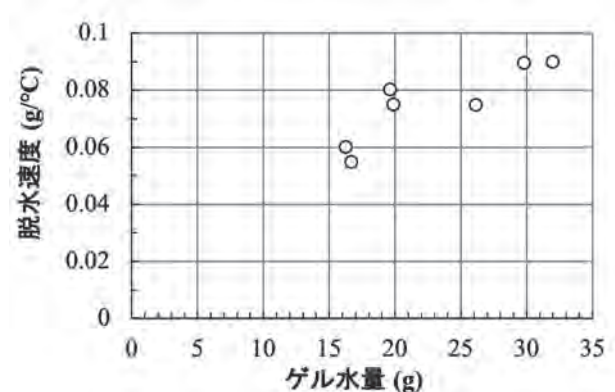


図7 脱水速度とゲル水量の関係

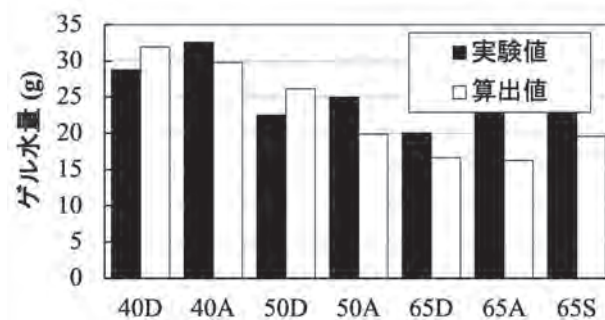


図6 ゲル水量の実験値と算出値の比較

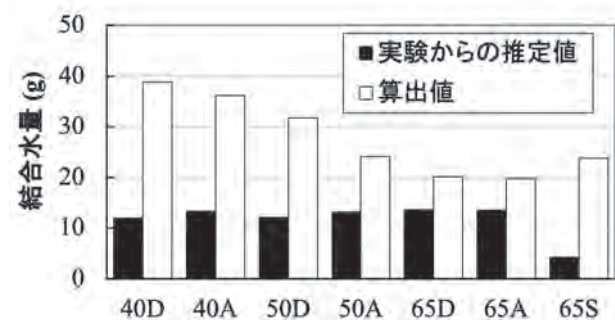


図8 結合水量の推定値と算出値の比較

物からの水分放出は極めて少なかったと考えられる。

一方、試験体50A、50D、65A、65Dでは、600℃以降も骨材以外の重量減少が相当量生じている(図4(b)、(c)、(f)、(g))。これは、CCの分解に伴いCO₂が放出されるためと考えられる⁴⁾。前述の試験体40A、40D、65Sにおいては、3.2節で述べたように中性化が生じにくく、CCの含有量が少ないため、CCの分解による重量減少は図4(a)、(d)、(e)に表れなかったと考えられる。

5.2 実験条件による影響

重量減少測定実験および熱分析実験(3.2節)における、セメント水和物の脱水・分解およびCCの分解に伴い重量減少が生じた温度の比較を表5に示す。実際には、ゲル水の脱水、CHの分解およびC-S-Hの分解に明確な境界温度はないと考えられるが、ここではCHの分解により重量減少-温度関係の勾配の増加が始まる温度と終了する温度を境界温度とした。

表中の全ての脱水・分解反応において、セメント水和物の粉末試料(以下、試料)による熱分析実験より、一定の体積を有するコンクリート試験体(以下、試験体)による重量減少測定実験の方が、重量減少温度は高くなる傾向が見られた。Castelloteらは、本研究と同様に、試料よりセメント硬化体(試験体寸法:φ8×40mm)の方がCHの分解温度は高くなることを報告しており、両者の透気性の違いによる影響を指摘している⁴⁾。本研究においても、透気性に劣る試験体ではセメント水和物の脱水や分解に伴う水分の逸散が生じにくく、重量減少として表れる温度が高くなったと考えられる。また、前節で述べたように、C-S-Hの分解については、分解そのものが重量減少測定実験ではほとんど生じなかったと推察できる。これは、1.5℃/分の温度上昇条件ではC-S-Hの分解に必要な熱エネルギーが得られなかったためと考えられる。Pengらによるセメント硬化体の加熱実験⁵⁾では、C-S-Hの分解が顕著にみられるまで、800℃の一定温度下でも20分以上の加熱を要している。

6.まとめ

本研究では、様々な水分条件を有するコンクリート試験体の重量減少測定実験を実施し、800℃までの温度上昇時におけるセメント水和物の水分損失について考察を行った。以下に本研究から得られた知見を示す。

- (1) 気乾および封かん試験体では、100℃を超えると水分の蒸発による重量減少が顕著になった。100～200℃における蒸発速度は、試験体の含水率に比例して増加した。
- (2) C-S-Hのゲル水の脱水は500℃程度まで継続した。250～500℃におけるゲル水の脱水速度は、試験体のゲル水量に比例して増加した。
- (3) 1.5℃/分の加熱条件では、600～800℃におけるセメン

表5 重量減少発生温度の比較

実験種類	コンクリート試験体の重量減少測定実験	セメント水和物試料の熱分析実験
ゲル水の脱水	200～500℃	150～400℃
CHの分解	500～600℃	400～470℃
C-S-Hの分解	生じない	470℃以上
CCの分解	600℃以上	550～700℃

ト水和物の分解に伴う水分放出は極めて少ないと考えられる。

- (4) セメント水和物の脱水および分解に伴い重量減少が生じる温度は、粉末試料よりもφ75×150mmの試験体の方が高くなった。

謝辞

本研究を行うにあたり、前田孝一先生(元千葉大学)および平島岳夫教授(千葉大学)から貴重な助言をいただきました。また、実験の実施にあたっては、千葉大学平島研究室の研究生および岡田裕祐氏(建材試験センター)にご協力いただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 山下平祐, 平島岳夫: 温度上昇時におけるコンクリート試験体の重量減少に関する考察, 日本火災学会論文集, Vol.70, No.1, pp.9-18, 2020
- 2) A. M. Neville: Properties of Concrete, Person Education Limited, 2002
- 3) 紺谷修, 石澤昭浩, 浅野研一, 高田敏也: コンクリートの化学的結合水の計測方法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.693-698, 2007
- 4) M.Castellote, C.Alonso, C.Andrade, X.Turrillas, J.Campo: Composition and microstructural changes of cement pastes upon heating, as studied by neutron diffraction, Cement and Concrete Research, Vol.34, No.9, pp.1633-1644, 2004
- 5) G.F.Peng, S.Y.N.Chan, M.Anson: Chemical kinetics of C-S-H decomposition in hardened cement paste subjected to elevated temperatures up to 800℃, Advances in Cement Research, pp.47-52, 2001

author



山下平祐

清水建設株式会社 技術研究所
建設基盤技術センター 防耐火グループ

<主な担当業務>
防耐火分野における研究・技術開発

エアシリンダを用いて結晶化ガラス製床の安全性を検証

男性トイレ床の汚垂石に用いる薄型結晶化ガラスの繰り返し荷重試験

comment

建材用結晶化ガラスは、オフィスビル、地下鉄の駅、地下街等の化粧材として広く使用されている¹⁾。

結晶化ガラスは、ガラスを熱処理することによってガラス内部に均一に結晶を析出させたものである。大理石や花崗岩などの天然石材と比べて、機械的性質や熱的な耐衝撃強度が高く、酸やアルカリに対する化学的耐久性にも優れている。また、白色度や拡散反射率が高いのも特徴である。

本試験は、薄型結晶化ガラスを汚垂石（おだれいし）に使用することを想定し、人の体重が繰り返し加わることを再現したものである。汚垂石とは男性小便器の下に貼る部材の総称であり（写真1参照）、元々は天然石が用いられてきたため「石」という名称だが、近年ではセラミックタイルや本試験対象の結晶化ガラスも使用されている。



写真1 汚垂石の使用状況の一例

本報では、汚垂石に用いる薄型結晶化ガラスの繰り返し荷重試験について紹介する。試験条件は依頼者と協議し、以下に示す内容とした。

①試験体

実施工に近い状態を再現するため、実際に使用する弾性接着剤を用い、下地のコンクリート平板に結晶化ガラスを

張り付けた。接着剤の塗布は、クシ目で全面に行った。試験体の種類は白色及び黒色の2種類とし、各1体（計2体）とした（表1及び写真2参照）。

②試験荷重

一般成人男性の体重が繰り返し加わることを想定し、785Nの荷重を設定した。「日本の統計が閲覧できる政府統計ポータルサイト e-Stat」²⁾より、過去2010年～2017年間の男女1歳～70歳以上までの平均体重の中で最も重かったのが男性23歳の73.3kgであった。試験荷重 [785 (N) / 9.80665 (m/s²) = 80 (kg)] はその値よりも大きい安全側の値とした（表2参照）。

③加圧ジグ先端のゴム

使用したゴムの硬さは、JIS A 1454（高分子系張り床材試験法）に規定される滑り試験^{3) 4)}を参考にし、紳士靴の底と同じ硬度とした。

④繰り返し試験回数

実際の繰り返し回数は使用環境によって異なるが、本試験ではドアセットのJIS規格 [JIS A 4702 (ドアセット)] に規定される開閉繰り返し試験⁵⁾を参考とした。同規格の解説では、“繰り返し回数10万回”は、1日当たり30回開閉したとし、10年間の使用に相当することが記載されている。本試験の条件も同様の人の出入りが生じることを想定し、繰り返し回数10万回とした。

本試験では、上記の条件で、白色及び黒色の試験体について各10万回の繰り返し荷重を加えた結果、試験体に割れ、剥がれは認められなかった（表3参照）。

1. 試験内容

株式会社 ウイングから提出された薄型結晶化ガラス「パリトーン (PA 薄型シリーズ)」について、繰り返し荷重試験を行った。

2. 試験体

試験体の概要を表1に示す。

表1 試験体の概要(依頼者提出資料)

名称	薄型結晶化ガラス
商品名	パリトーン (PA 薄型シリーズ)
用途	床タイル (汚垂石)
種類	グロッシーブラック (黒)、スノーホワイト (白)
材質	結晶化ガラス
形状・寸法	200mm × 200mm、t=4mm
数量	各1体 (計2体)
[備考] 試験体は、依頼者が300mm × 300mm × 40mmのコンクリート平板に接着剤で接着した状態で搬入された。(写真2参照)	

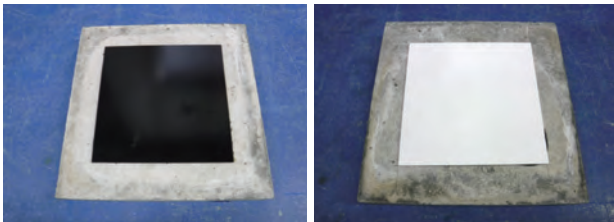


写真2 搬入時の試験体
[左:グロッシーブラック(黒)、右:スノーホワイト(白)]

表2 試験条件

項目	内容
試験位置	試験体の中央部
繰り返し回数	10万回
1分間の繰り返し回数	50回
繰り返し荷重	785N
加圧ジグの直径	φ 50mmの円筒形
加圧ジグの材質	胴部: 鋼材 先端部: JIS K 6253-3 (加硫ゴム及び熱可塑性ゴム一硬さの求め方-第3部: デュロメータ硬さ) によるデュロメータ硬さ A78 のゴム、厚さ 5mm

3. 試験方法

鋼製定盤に固定した床合板に試験体を設置し、エアシリンダを用いて表2に示す条件で繰り返し荷重を加えた。繰り返し荷重1万回後、3万回後、5万回後及び10万回後に、試験体の状況を目視及び指触によって観察した。

試験実施状況の一例を写真3に示す。

4. 試験結果

繰り返し荷重試験結果を表3に示す。

5. 試験日、担当者及び場所

期間	2018年9月13日から 2018年9月14日まで
担当者	材料グループ 統括リーダー 藤 卷 敏 之 主幹 渡 辺 一 (担当者) 主任 若 林 和 義
場所	中央試験所 (埼玉県草加市稲荷5丁目21番20号)

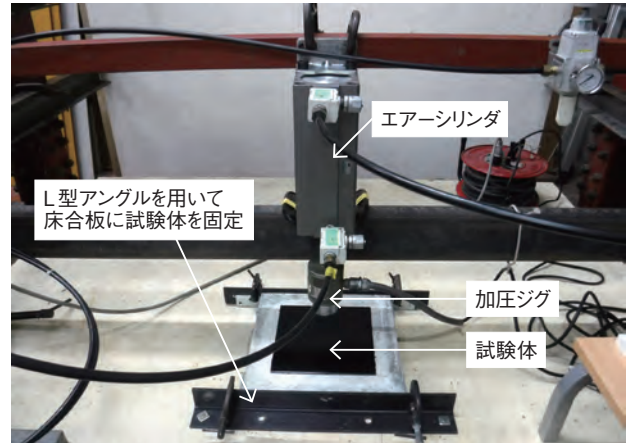


写真3 試験実施状況
[グロッシーブラック(黒)]

表3 繰り返し荷重試験結果

繰り返し回数	観察結果	
	グロッシーブラック (黒)	スノーホワイト (白)
1万回	試験体に割れ、剥がれは認められなかった。	試験体に割れ、剥がれは認められなかった。
3万回	試験体に割れ、剥がれは認められなかった。	試験体に割れ、剥がれは認められなかった。
5万回	試験体に割れ、剥がれは認められなかった。	試験体に割れ、剥がれは認められなかった。
10万回	試験体に割れ、剥がれは認められなかった。	試験体に割れ、剥がれは認められなかった。

(発行番号: 第18A1831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)

参考文献

- 公益社団法人 日本セラミックス協会: 建築用結晶化ガラス, https://www.ceramic.or.jp/museum/contents/pdf/2008_03_03.pdf (参照日 2021.09.21)
- e-Stat (政府統計の総合窓口): 統計でみる日本, <https://www.e-stat.go.jp/> (参照日 2021.09.21)
- 吉田仁美: 斜め滑り試験機と高分子系張り床材の滑り性能試験, 建材試験情報 vol.48, pp.28-29, 2012.11
- JIS A 1454: 高分子系張り床材試験法
- JIS A 4702: ドアセット

author for comment

渡辺 一

総合試験ユニット 中央試験所 材料グループ 主幹
<従事する業務>
家具・建具・金物類等の品質性能試験

【お問い合わせ先】

中央試験所 材料グループ
TEL: 048-935-1992 FAX: 048-931-9137

音圧レベル・残響時間の測定に対応

建築音響測定システムの更新

1.はじめに

住宅に使用される建築材料の開発が進み、生活水準が向上していくに伴い、遮音性能についても高い性能が求められてきています。例えば壁や床、ドア、サッシなどを住宅に使用する上では、各々あらかじめ遮音性能について把握しておくことが重要ですが、そのためには測定が必要となります。

当センターでは、以前より実験室における建材の遮音性能・吸音性能等の測定を行ってまいりましたが、これらの性能を求める上で必要な音圧レベル、残響時間等を測定する装置の維持改善を目的とし、この度、第1音響試験棟の建築音響測定システム（以下、測定システムという）を一部更新しましたので、紹介いたします。

2.第1音響試験棟の試験室の概要

第1音響試験棟では3つの試験室を所有しており、各試

表1 第1音響試験棟の試験室の概要

項目		概要・仕様			
試験室	隣接型残響室	上下階型残響室	壁式鉄筋コンクリート造試験室		
			スラブ厚 150mm	スラブ厚 200mm	
室容積	音源室	197.9m ³	180.88m ³	-	-
	受音室	225.3m ³	179.6m ³	61m ³	60m ³
試験体設置 開口部寸法 ^{a)}	3680×2730 mm	4050×3050 mm	3600×2800 mm		
試験項目	遮音、吸音	床衝撃音、遮音	床衝撃音		

注^{a)} 壁式鉄筋コンクリート造試験室は、開口部ではなく試験体の施工部分

表2 代表的な試験内容及び試験対象(隣接型残響室)

試験内容	試験対象	参考規格
壁、建具等の建築部材の遮音性試験	壁、サッシ、ドア、外周壁部材等	JIS A 1416 ¹⁾
小形建築部品の遮音性試験	換気装置、換気扇等	JIS A 1428 ²⁾
音響材料、吸音材料等の吸音性試験	壁・天井仕上げ材、吸音材、家具等	JIS A 1409 ³⁾

表3 測定システムの仕様

音源系	帯域雑音発生器 ^{b)} グラフィックイコライザ パワーアンプ スピーカ
受音系	マイクロホン(プリアンプ ^{b)} と組み合わせて使用) 測定装置 ^{b)} (10CHリアルタイムオクターブ分析器) 記録器(PC)

注^{b)} 今回の更新で新規導入した装置

験室と測定システムを組み合わせる音響性能測定を行っています。試験室の概要を表1に示しますが、本測定システムでこれら試験項目全ての測定を行っている訳ではなく、必要な項目の一部を測定し、他の装置による測定結果と合わせることで性能を求める試験項目もあります。

本稿では、隣接型残響室を使用した測定を例に挙げて紹介いたしますので、隣接型残響室における代表的な試験内容及び試験対象を表2に示します。仕様や試験内容等についての詳細は、本誌2018年11・12月号に掲載の「試験設備紹介⁴⁾」をご参照下さい。

3.測定システム及び更新の概要

測定システムの基本的な仕様を表3に示します。

例として、この測定システムを使用して遮音性試験(JIS A 1416)を行う場合の概要を図1に示します。隣接する2つの残響室間の開口部に測定対象とする試験体(主に建具や壁など)を設置し、2室間の音圧レベル差と受音室の吸音特性を補正する残響時間を測定することで、音響透過損失を算出し、遮音性能を求めることができます。測定装置及び計測ソフトウェアによって測定に必要な一連の操作(スピーカからの音の発生、マイクロホンによって検出を行った音の周波数分析、演算、記録等)を全て行います。この測定システムの今回の主な更新内容について、説明いたします。

(1) 測定装置入替・計測ソフトウェア更新

測定装置(写真1)を新たに導入[DS-2100からDS-3200(株式会社 小野測器製)へ入替]し、それに伴い計測ソフトウェアを更新しました。測定装置は、計測ソフトウェアと組み合わせることで帯域雑音発生器及びリアルタイムオ

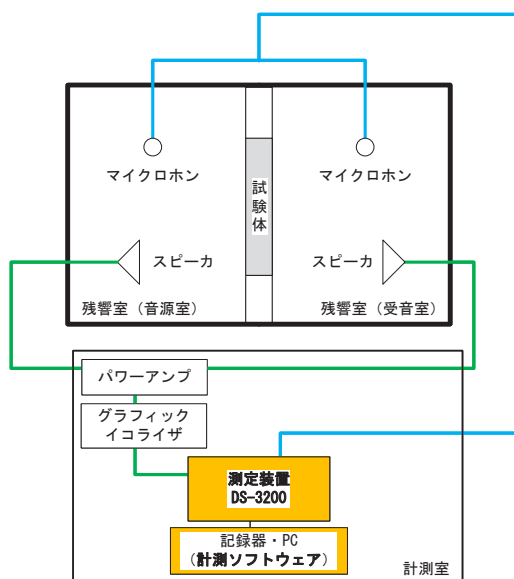


図1 測定システムの概要 (遮音性試験の場合)

クターブ分析器として使用することができ、音源系、受音系の操作を同時に行うことができます。そのため、遮音性能算出に必要な音圧レベル、残響時間等を効率的に測定することができます。入替前と比較してダイナミックレンジが広がったため、残響室の暗騒音特性を最大限に活用できるようになりました。

(2) マイクロホン用プリアンプ入替

マイクロホン用プリアンプ (以下、プリアンプという) は、マイクロホンで検出した信号を増幅させる装置となります。これまで使用していたプリアンプは「電圧転送型」で、マイクケーブルの距離が伸びると外乱ノイズの影響を受けやすく、ケーブルも多芯が必要で複雑となるものでしたが、今回導入したプリアンプは、「電流転送型」であり、マイクケーブルの距離におけるノイズの影響を受けにくいものとなりました。また、このマイクケーブルは、同軸ケーブルで構築されており、端子形状も従来の7Pマルチ端子から汎用BNC端子になったことから、扱いが容易となり、作業効率が上がりました。

(3) ケーブルリニューアル敷設

各装置間及び計測室と各試験室を繋ぐケーブル類を全て



写真1 測定装置 (DS-3200)

一新しました。前述したとおり、ケーブルは長くなるほどノイズがのりやすくなりますが、200m³程度もある大きな試験室から計測室までをケーブルで接続し、信号を受信するためには必然的にケーブルが長くなるため、対策が必要となります。また、ケーブルの長さに加え、マイクケーブル (信号線) とスピーカケーブル (電力線) は、互いの距離や分離も確保されないとノイズがのってしまう原因となります。そこで、今回のケーブルリニューアル敷設では、計測室から各試験室への配線に関して、ケーブル長さとケーブル同士の分離の2点で十分な配慮を施すものとなりました。特にマイクケーブルとスピーカケーブルが長距離に渡り平行で引き回される点では、信号線と電力線をケーブルラック内において金属隔壁で分離して敷設し、ノイズがマイクケーブルに飛び移ることを防ぐ処理を施す対応をいたしました。ケーブルにノイズがのる事で測定精度に影響を及ぼす可能性もあるため、今回のリニューアルによってその懸念を最小限に抑えました。

4. おわりに

今年度更新した建築音響測定システムについてご紹介いたしました。当センターでは、本測定システムと複数の試験室を組み合わせることにより、本稿でご紹介した遮音性試験以外にも建築音響に関わる各種試験を実施しておりますので、お気軽にご相談ください。皆様からの試験のご依頼・お問い合わせをお待ちしております。

参考文献

- 1) JIS A 1416 : 2000, 実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法
- 2) JIS A 1428 : 2006, 実験室における小形建築部品の空気音遮断性能の測定方法
- 3) JIS A 1409 : 1998, 残響室法吸音率の測定方法
- 4) 大瀧友多：隣接型残響室, 建材試験情報, pp.26-27, 2018年11・12月号

author



緑川 信

総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ 主幹

<従事する業務>
建築部材、材料の遮音、吸音、床衝撃音など、音環境に関する試験

【お問い合わせ先】

中央試験所 環境グループ

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

断熱性の上位等級の追加&日射熱取得性を性能項目として新規追加

JIS A 4702(ドアセット)及び
JIS A 4706(サッシ)の改正

1.はじめに

JIS A 4702は、主として建築物の外壁面及び屋内隔壁の出入口として用いる手動開閉操作を行うスイング及びスライディングのドアセットに関する性能を規定した製品規格である。この規格は、1957年に制定され、現在まで11回の改正及び確認を経て、今回の改正に至った。

JIS A 4706は、主として建築物の外壁の窓として用いるスイング及びスライディングのサッシに関する性能を規定した製品規格である。この規格は、1957年に制定されたJIS A 4701 [鋼製サッシ (引違い・分銅上ゲ下ゲ・バランス上ゲ下ゲ)] と、1960年に制定されたJIS A 4703 [アルミニウムサッシ (引違い・上げ下げ)] とを統合して1966年にJIS A 4706が制定され、現在まで12回の改正を経て今回の改正に至った。

JIS A 4702及びJIS A 4706の両規格は建築物の開口部に関する性能を規定した重要な製品規格である。今回の改正は、一般社団法人日本サッシ協会内に改正原案作成委員会を組織し、改正原案の作成を行ったものである。本稿では、JIS A 4702及びJIS A 4706の両規格の主な改正内容について規格の解説^{1,2)}を基に紹介する。

2. 今回の改正の趣旨

低炭素社会の実現にむけ、建築物省エネ法の改正等が進んでおり、窓やドアの開口部に対して断熱性及び日射熱の遮蔽性を有する製品の安定供給が求められている状況にあることを受け、断熱性の上位等級を追加するとともに、新たに日射熱取得性を性能等級として加えることを目的として改正が行われた。また、断熱性の判定の円滑な運用のために、従来の試験に加え、計算による判定も可能にすることも目的とした。

3. 主な改正内容と審議内容

今回のJIS A 4702及びJIS A 4706の改正内容は概ね共通しているため、この共通した改正内容について紹介する。

(1) 性能：断熱性

断熱性の等級については、追加する等級の数、各等級の

刻みの幅、最上位の値について多くの議論がなされた。断熱性は、枠とガラスの組合せによって変化する。枠は、アルミ製、アルミ製熱遮断、アルミと樹脂の複合、樹脂製等の仕様がある。また、ガラスは、単板ガラス、複層ガラス、三層複層ガラス等の仕様があり、これらにLow-Eガラス又はガス入り等を用いる仕様もある。これらの組合せにおける製品の性能について分布実態を調査し、旧規格の等級の刻みとの連続性について審議を行った。さらに、最上位の値については、国内製品の性能の調査に加えて、国際市場の性能の調査も加え、審議を行った。審議の結果、追加する等級はH-7とH-8の二つ、刻みの幅は $0.4\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 間隔、最上位の値は熱貫流率 $1.1\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ と設定した(表1参照)。なお、更に上位の値(熱貫流率 $1.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ より小さい値)を設定する意見もあったが、今回は見送ることとした。

表1 断熱性の性能

改正前		改正後	
等級	標準化(された)熱貫流率	等級	熱貫流率 ^{a)}
H-1	4.65 W/(m ² ·K) 以下	H-1	4.7 W/(m ² ·K) 以下
H-2	4.07 W/(m ² ·K) 以下	H-2	4.1 W/(m ² ·K) 以下
H-3	3.49 W/(m ² ·K) 以下	H-3	3.5 W/(m ² ·K) 以下
H-4	2.91 W/(m ² ·K) 以下	H-4	2.9 W/(m ² ·K) 以下
H-5	2.33 W/(m ² ·K) 以下	H-5	2.3 W/(m ² ·K) 以下
H-6	1.90 W/(m ² ·K) 以下	H-6	1.9 W/(m ² ·K) 以下
		H-7	1.5 W/(m ² ·K) 以下
		H-8	1.1 W/(m ² ·K) 以下

注a) “熱貫流率”は、試験による場合、JIS A 4710に規定する標準化熱貫流率とする。

断熱性の評価は、従来、JIS A 4710に従った試験のみであったが、JIS A 2102規格群が整備されて計算による評価が可能になったことと、様々なガラスの仕様及びサイズの違いによる断熱性の評価を合理的に対応するために、計算による評価も追加することとした。ただし、二つの評価方法が存在することによって混乱を招くことも予想されるため、このような場合にはJIS A 4710の試験を優先することを規格に明記することとした。

断熱性の等級における熱貫流率の表示桁数は、旧規格で

は有効数字3桁であったが、国際市場の性能の調査結果、JIS A 2012規格群及びその対応国際規格の表示桁数等を考慮し、有効数字2桁とした。

また、旧規格では、断熱性をJIS A 4710の結果の表示に合わせて“標準化(された)熱貫流率”で性能を表記していたが、審議の結果、JIS A 2102規格群による計算との整合を図るために“熱貫流率”と表記し、性能の一覧を表示する表中の注にJIS A 4710との対応を記載することとした。

(2) 性能：日射熱取得性

今回の改正によって新たに日射熱取得性が性能に加えられた。日射熱取得性は、日射熱取得率によって表し、JIS A 2103の夏期条件で計算された結果によって評価することとした。JIS A 2103には冬期条件の計算も規定されているが、消費エネルギー評価の実態からJIS R 3209が夏期条件として冷房負荷を重要視していることから、審議の結果、今回はそれに合わせて夏期条件と設定した。なお、JIS A 1493を用いた試験による評価もあるが、JIS A 1493を実施できる評価機関がないため、審議の結果、JIS A 1493の評価は見送り、JIS A 2103による評価のみとした。

日射熱取得性の等級は、断熱性と同様に枠とガラスの組合せによって性能が変わることから、製品の実態調査結果を基に、等級の数、各等級の刻みの幅について審議を行った。審議の結果、合理的な等級を設定した(表2参照)。

表2 日射熱取得性の性能

改正前	改正後	
	等級	日射熱取得率
規定なし	N-1	1.00以下
	N-2	0.50以下
	N-3	0.35以下

(3) 試験方法及び計算方法

旧規格では、“9 試験”と表記していたものを“9 試験方法及び計算方法”に表記を改めた。これは、前述の断熱性及び日射熱取得性の評価方法としてJIS A 2102規格群及びJIS A 2103の計算を採用したことを受けての対応である。

(4) 試験における一般事項

旧規格では、性能確認の試験に用いる試験体の一般事項を設けていなかったが、各性能試験に共通する内容について、“9.1 一般”の項を設けて記載することとした。具体的には、製品に取り付けられる部品(附属部品)、試験体に用いるガラスの仕様、数値の丸め方の3項目である。

附属部品及び試験体に用いるガラスの仕様は、各試験内容について確認・検討を行い、整理した。また、数値丸めは、引用規格のJIS Z 8401において、規則Aと規則Bの2つの方法が規定されているため、規則Bを用いることを明確にした。

(5) 気密性試験終了後に、継続して水密性試験を行う場合

気密性試験終了後、継続して水密性試験を行う場合は、

開閉確認を省略してもよい、という内容を明記した。この内容は、いままで、水密性試験の引用規格JIS A 1517に記載されていたが、試験方法規格ではなく製品規格に記載すべき内容である、とのJIS A 1517の2020年改正時の審議結果を受けての対応によるものである。

(6) 変位測定点の例図における建具記号

スイングの片開き又は両開き等の開き勝手の表記が、ISOと真逆になっている点について審議を行った。今回の改正において、ISOに整合させた表記に変更した場合、混乱を招くことが想定されるため、中長期的な観点から、今回は勝手の表記を消し、丁番(ヒンジ)側と戸先側を明記する対応とした(図1参照)。開き勝手の表記については、他の規格類との整合を図りながら将来的には整合させていく必要があり、解説の懸案事項にその旨を記載することとした。

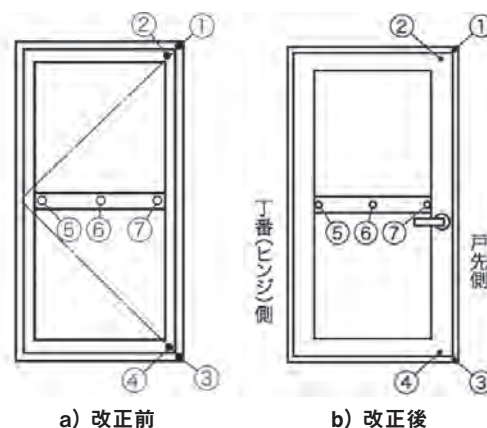


図1 改正前後における開き勝手の表記(片開き窓の例)

(7) その他

枠に直接ガラス等を固定して開閉できない部分の名称の表記を“フィックス部”から“FIX部”に変更した。

4.おわりに

JIS原案作成委員会の主な審議事項及び改正内容について紹介した。JIS A 4702及びJIS A 4706は建築物の建具において最も重要な製品規格である。この規格基準紹介がJIS A 4702及びJIS A 4706を使用する皆様の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) JIS A 4702 : 2021 (ドアセット)
- 2) JIS A 4706 : 2021 (サッシ)

author

萩原伸治

総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ 統括リーダー
博士(工学)

<主な担当業務>
環境部門における業務の統括

vol.3 草ぶき屋根研究から学んだこと：趣味の研究も悪くない。

まずは私の自慢の草ぶき屋根写真コレクションの中から、いくつかを見てほしい。

写真1は英国セルワージー村で写したものである。この風景の中に赤いとんがり帽子の小人が出てきたら、もうメルヘンの世界である。**写真2**はポーラック村の草ぶき屋根である。棟に鳥が2羽止まっている。ここは海辺の村なので、最初はカモメかと思った。でも全然動かないので、おかしいなと思い近づいてみると(**写真3**)、なんとワラ人形のカモメであった。この辺の草ぶき職人さんは、これは俺の作品だぞと示すために、仕事の最後に作るのだそうである。日本では草花を植えている例をいくつか見たことはあるが、ここでは何と鳥だった。

これらは田舎の村の古い住宅だったが、草ぶき屋根はニュータウンにもあった。**写真4**はロンドン郊外のミルトンキーンズという新興都市である。その中に新築の建売住宅の草ぶき屋根があった。日本では防火上まず認められないが、この写真に小さく映っているご主人にお聞きしたところ、ここでは敷地が広ければOKとのことであった。英国では草ぶき屋根はかなり高価であると聞いていたが、さすがに高いだけあって素敵であった。

英国ばかり続いたが、当然ほかの国にもある。**写真5**は

北海をはさんでお向かいの国、オランダの水郷の村ヒートホールンである。運河で有名な国だけあって、住宅が運河沿いに作られている。小舟で散策したのだが、ボートののんびりした揺れと静かな景色がマッチして、何とも穏やかな気分になることができた。

もちろんアジアにもある。**写真6**は韓国の河回村の草ぶき屋根である。丸みをおびた草ぶき屋根が農村地帯に散在している。写真には写っていないがすぐ近くに洛東江という川がゆったりと流れており、穏やかな草ぶき屋根の形と調和して、しばし忙しい時間から解放された。ちなみにこの村は2010年にユネスコ世界遺産として登録された。

現在草ぶき屋根は、材料の払底と茅葺き職人さん不足のために超高価な屋根になってしまっているが、もともとは近所で材料を採取して作る身近で安価なものであった。だから豪華な屋根だけが草ぶき屋根ではない。**写真7**はカンボジア、アラン村の草ぶき屋根である。屋根の軒の出が深く、暑い日差しを遮るように作られている。材料は近所で簡単に入手できるヤシの葉と麦わらである。屋根をそれほど重装備にする必要もないので自分で作ってしまった。ということでこのような屋根になっている。また建物全体が高床式になっているのは、雨季に川の水があふれて周りが



写真1 英国 セルワージー



写真2 英国 ポーラック



写真3 ワラ人形のカモメ



写真4 英国 ミルトンキーンズ



写真5 オランダ ヒートホールン



写真6 韓国 河回

水浸しになるからである。このお宅のテラスというかベランダというか、そよそよと風の走るこの場所で昼寝をしたら、何と気持ちの良いことかと羨ましく思った。

次は遠くアフリカのマリ共和国の屋根である。マリはサハラ砂漠の南に位置する国である。雨の極端に少ない地域なのでフラットルーフしかないと思っていたが、なんと草ぶき屋根もあった(写真8)。お邪魔したのはフラニ族一家のお宅である。フラニ族は放牧を生業としているので、3ヶ月程度で次の草地を求めて移動する。そのため現地材料調達可能な短期滞在型の住居を作る。形といいサイズといい、何となくモンゴルのゲルに似ている気がする。写真にはお母さんと小さな子供しか写っていないが、お父さんと年上の子は放牧に出ているとのことであった。

いよいよ我が日本である。これは余計な説明はいらないと思う。かつては草ぶき屋根王国であった。今はかなり数が減少しているといえ、まだ草ぶき屋根は残されている。もしかしたらこれを読まれている方の近所にあるかもしれない。写真9は京都府、美山の草ぶき屋根である。ここを訪れた時は、昔TVで放映されていた「日本昔ばなし」の世界にいきなり紛れ込んだ気持ちがあった。なんともいえないつかしきがあり、この番組のナレーターであった常田富士男さんの独特の語り口、「むかし、むかし・・・」が聞こえるような気がする。

そして我が国の代表選手は、何とんでも1995年に世界遺産として登録された白川郷の草ぶき屋根である。写真10に写真を示すが、山あいの平地に三角形の草ぶき屋根が美しく並んでいる。

今度は北国である。私は札幌生まれで屋根といえばトタン葺きしか知らなかったが、北海道にもりっぱな草ぶき屋根があった。写真11はチセと呼ばれるアイヌの住宅である。我が国では草ぶき屋根の材料はほとんどが茅なので、茅葺屋根と呼ばれることが多いが、実はいろいろな材料で葺かれている。ちなみにチセはアシで作られるが、地域によっては笹の葉で葺かれることもある。

北を紹介したので、反転して南国、沖縄である。亜熱帯地域は植生が豊かなので、当然草ぶき屋根はあるだろうと予想していた。ただ材料が何であるかまでは知らなかった。そして見たのは、写真12に示す琉球竹で葺かれた屋根であった。少々の台風にはびくともしなさそうな、いかにも頑強そうな屋根であった。

草ぶき屋根の実験

私の草ぶき屋根研究の始まりは、1983年の金沢での建築学会の帰り道に立ち寄った白川郷にある。学会での発表が無事終わり、研究室の学生さんたちは思い思いに観光や小旅行に出かけてしまい、研究室ボスの小池迪夫先生と私だけが宿舎に取り残された。後は東京に戻るだけである。「このまま東京に帰るのもつまらないので、バスで名古屋に出て新幹線で戻るといふ案はどうですか？このまま戻ってもどうせ車中でビールを飲むだけでしょう。せっかくだから、白川郷に泊して旨い日本酒を飲みましょうよ」と、言葉巧みに持ちかけた。「そうしようか」という先生の即答で、白川郷の茅葺屋根の民宿で、朴葉(ほうば)味噌



写真7 カンボジア アラン



写真8 マリ共和国、モプティからトンプクトゥヘ道すがら立ち寄ったので、正確な場所は不明



写真9 京都府 美山町



写真10 白川郷



写真11 北海道 白老町
アイヌ住宅



写真12 沖縄



写真13 茅材とガラス棒



写真14 実験中の試験体

肴に飛騨の酒を飲むというぜいたくな時間を過ごすことができた。

そしてその夜、寝ながら茅葺きの屋根が、どうして雨が漏らないかが気になりはじめた。当時の研究室の主たる研究課題は防水であった。防水は屋根に雨合羽をかぶせて、建物内への雨水の浸入を防ぐというコンセプトである。だから雨合羽は一滴も水を通さない材料で作られる。ところが茅葺屋根は、茅という棒状の材料が積層されているだけであり、隙間だらけである。しかし雨は室内までは漏れてこない。何とも不思議である。

ところで我どもの研究分野は建築学会の分類でいうと、材料施工と呼ばれる泥臭く地味なカテゴリーである。だから建築設計を希望する学生さんは基本的には来ない。ただまれに設計希望だけでも将来のために、学生時代に材料の知識を身に着けた方がよいと考える、しっかりした学生もいる。そして運良くそういう学生さんに巡り合った。

「研究室テーマとは全く異質だけでもやってみる？」と聞くと、「面白そう」との返事で全くやったことのないテーマに学生さんと二人三脚で取り組むことになった。全く初めての研究なので、何はともあれ実験をしてみることにした。

まず材料の茅である。幸い私の勤務していた大学の第二キャンパスは、横浜の北はずれの昔の山林を切り開いて作られており、隣接して里山の植生がわずかに残っている。そして品質は良くないものの茅が自生していた。早速これを刈り取ってきて斜めに葺いた。そして雨を見立ててジョウロで水を掛けてみた。確かに水は途中で漏れることなく下端まで到達した。ただ水は下の方に流れてくるのだが、どこをどう通って流れているのかがさっぱりわからない。研究はまず現象の観察から始めるのが基本である。流れを見るためには茅を透明にすればよい。ということで写真13のように茅をガラス棒に置き換えた。(もちろん茅とガラスとはものが違うが、水の動きが見えるという誘惑には勝てなかった。ちなみに防雨の観点からは、材料表面の水に対する濡れ性質が重要であり、茅に比べてガラスの水

に対する接触角は22度と小さく濡れやすいため、防水の観点からはガラス棒の方が有利である。)

そしていろいろな直径のガラス棒をたくさん買ってきて、写真14のように何層にも重ねて、角度を変えながら上から雨を降らせてみた。雨はガラス棒に当たり、一部はガラス棒の隙間に入り込み試験体の下端に向かって流れ、一部は隙間を抜けて下に落ちてしまう。だから作業としては試験体下端での排水量と、下に抜け落ちてしまった漏水量を正確に測ることになる。そしてその総和が降らせた雨の量と一致していれば、正しく実験ができていくことになる。

だからこの試験体の防水能力は図1に示すように、降らせた雨を「途中で落下させずに試験体下端までどの程度運ぶことができたか」で評価することができる。すなわち排水量と降水量(排水+漏水)の比を排水率とすれば、これが防水能力の尺度となる。排水率100%は「完全防水」、排水率0%は「ただ漏れ」である。図2の実験結果はその観点からまとめてあり、横軸がガラス棒の間隙幅(茅材の隙間に相当)、縦軸が排水率(防水能力に相当)である。これは実際の茅材の直径に近い直径9mmのガラス棒の結果であり、図では左からガラス棒の積層数1層から順次増やし、7層までの測定例である。さらにこの図では、試験体全体の傾斜(屋根勾配に相当)を10度という緩勾配から45度という急勾配までが示されている。

さすがにガラス棒1層では、間隙幅に拘わらずほとんど「ただ漏れ」である。ところが2層に重ねると一気に防水性が高まる。間隙幅0.5mm前後では100%防水可能なものが出てくる。観察での印象をいうと、ガラス棒の間で保持された水が、スーッと試験体の端まで移動してゆく。きわめて安定した流れが出来上がっている。

この研究を始めるにあたり、過去にこのような研究がなされていないか調べたが、いわゆる学術論文としての発表はなかった。ただ物理学者集団、ロゲルギストが執筆された本¹⁾の中に、ガラス棒の間を流れる水を、「またがり流れ」という表現で説明されているくだけりがあり、さすがに

$$\text{防水能力 (排水率)} = \frac{\text{排水量}}{\text{降水量 (排水+漏水)}}$$

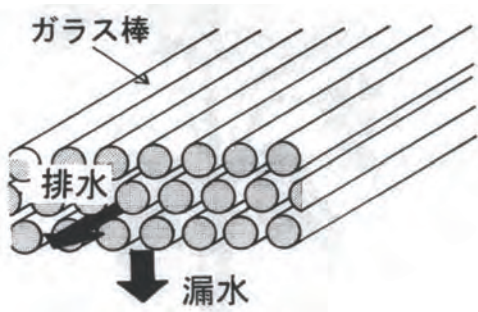


図1 防水能力の評価

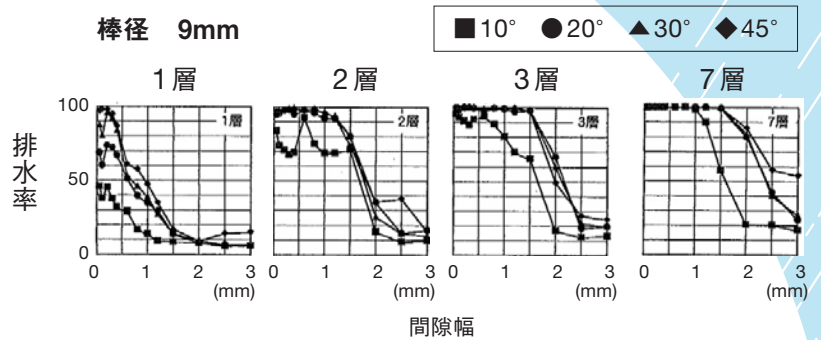


図2 実験結果²⁾

物理学者の観察はするどいと心底敬服した。そして我々の実験でもガラス棒を3層重ねると間隙幅1.5mmくらいまでは防水可能になった。茅葺屋根の施工現場を見ると茅をしっかりと縄で束ねて、葺材として屋根に持ち上げている。作業性からは当然束ねて屋根に上げる方が効率的である。そして防水性の観点からも、縄で締め上げるとするのは、茅材間隔を狭めるといった点からも意味があると思う。

さらにこの実験を通して屋根勾配も重要であることがわかった。当たり前であるが勾配がゆるいと、さすがに雨を防ぐのは厳しい。だから我が国の草ぶき屋根は、雨が多いせいもあり、一般に急勾配である。ちなみに白川郷の屋根は50度位もある。勾配が急であれば、積層数が少なくても（薄い屋根でも）雨を止めることができる。ただ我が国の草ぶき屋根の葺き屋根の厚さは、数十センチメートルと相当に分厚い。おそらくは屋根の断熱性確保のため（本当かどうかは知らないが、茅葺屋根は夏涼しくて冬暖かいといわれている）と、耐久性確保のため（実際の茅葺屋根では劣化するのは表層部分だけである）である。だからとりあえずの防水だけということだけならば、ほんの数層で事足りる。実際カンボジアで見た屋根はうすっぺらなもので

あった。

ということで我が国の茅葺屋根の技術は、防水の面からも耐久性の面からも相当に優れた性能を持つ。実際、白川郷の茅葺屋根の葺き替え間隔は30-40年位であり、北の寒い地域では地元の方に60年位持つのだと自慢されたことがあるが、あながちでたらめではなさそうである。

草ぶき屋根の防水メカニズム

さて、この茅葺屋根がどうして水が漏れないのかの防水のメカニズムの話である。たくさんの実験と観察の結果、おおよそつぎのようなメカニズムが見えてきた。

- ①まず雨が上から降り、それが茅材に接触する。
- ②茅材は水に対して一定の濡れ性をもつため、茅材に付着する。そして水の表面張力のため落下せず、ある程度そのまま頑張る。
- ③次の雨粒が接触して合体し、水滴が大きくなると下に落ちはじめ、次の段階として図3に示すように下層に位置する茅間の空隙を埋めるようにして水を保持する。いわば隙間だらけの、それでありながらしっかりとした水路

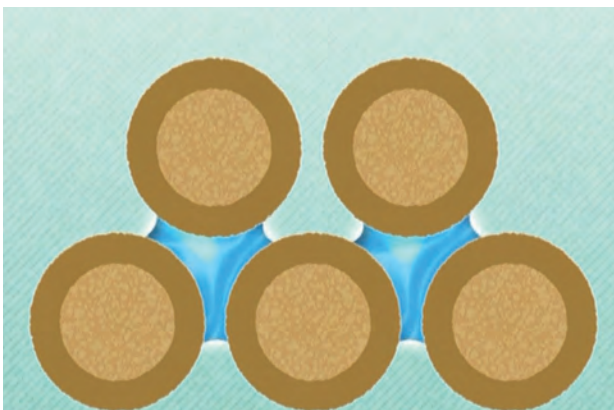


図3 ガラス棒の隙間に水が保持される。

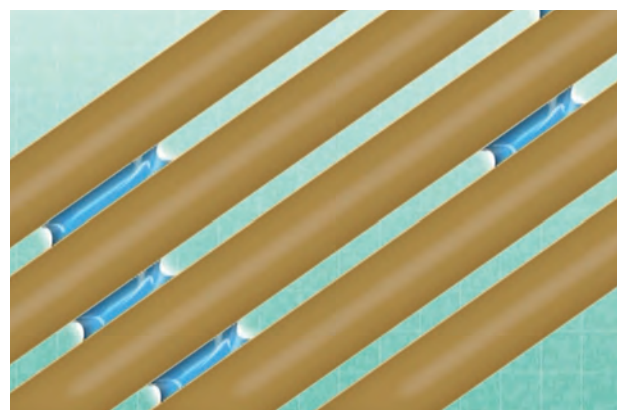


図4 斜めにするにより保持された水が動きはじめる。



写真15 茅の先端から滴り落ちる雨



写真16 試験体の作成風景

が作られる。ここが茅葺屋根の優れている点である。この濡れ性と表面張力で保持される3本の材料にはさまれた水の流れは、非常に安定している。しかもここに保持される水の断面積はかなり大きい。

- ④屋根では茅材が斜めに葺かれているため、図4に示すように保持された水は重力により走り始める。「またがり流れ」である。移動速度は当然勾配が大きければ早くなる。
- ⑤雨は降り続けるので水量が増え、この断面で支えきれなくなった水は重力により下の層へと移動する。茅葺屋根でいうと屋根の内部に入り込む。ただ何層も重ねられているので裏面には到達しない。
- ⑥そして最後に、これらの水が茅葺屋根端部から排水される(写真15)。

ということで、茅葺屋根の防水は、大きくは茅材間での水を保持と、保持水の軒先への移動によって具現化されている。だから当然屋根勾配が大きくなれば排水能力は高まるし、葺き厚さが厚くなれば、排水能力は高まる。このように研究してみると、我が国の草ぶき屋根は相当なすぐれものである。

唯一の泣き所は、燃えるということである。今のところこれだけはどうしようもない。茅材を不燃化しようという試みは今もなされているが、安価で、安全で、耐久性のある薬剤と処理方法を見つけるのはそう簡単ではない。もともと茅葺も含め草ぶき屋根は、近所で手に入る材料を使う庶民の屋根である。これにはなんとか「火伏の神様」に頑張ってもらいたくない。だからどこの国でも、都市部では茅葺屋根建設は原則禁止である。

皆さまにお勧めしたいこと

この研究は趣味的な色合いが強く、実務的には何の役にも立たなかった。ただ課題は一般受けをしやすく、研究室としては珍しくテレビ局の番組作りをお手伝いする機会

が3度もあった。写真16は学生さんたちと一緒に試験体を作成している風景である。しいて役に立ったといえるのは、番組制作費としてテレビ局からいただいた謝金を原資に、学生さんたちと一緒に、近所の居酒屋さんで盛大な打ち上げをできたことだけである。

最後にこれを読まれている方にお勧めしたいことがひとつ。梅雨時期の雨の日に草ぶき屋根を訪ねていただきたい。そして薄暗い部屋にゆったりと座って、茅材の端っからぼたぼたと落ちる雨粒を、何も考えずに「ほーと」見ていただきたい。これを見ていると、心の緊張が解けてゆく。茅の濡れ性と水の表面張力が作り出す素敵な音楽を聴くことができる。だから趣味の研究も悪くない。

参考文献

- 1) ロゲルギスト：第五・物理の散歩道；岩波書店(1972)
- 2) 田中享二，三崎裕：円形棒状材料を用いた勾配屋根の防雨性能：日本建築学会構造系論文報告集，第475号，PP.17-25，1995



profile

田中享二

東京工業大学 名誉教授

1945年 札幌生まれ

専門分野：建築材料、建築構法、防水工学

各試験所および試験室への施設見学来訪情報

2021年8月～2021年9月の期間に以下の団体・企業の方にご訪問いただきました。

日付	来訪団体企業等	訪問先	訪問目的
2021/8/18	株式会社 オーシカ	中央試験所	品質性能試験設備の見学

当センターでは、各試験所および試験室への見学を受け付けております。
以下までお気軽にお問い合わせください。

[中央試験所]

へのお問い合わせ

総合試験ユニット 企画管理課

(所在地：埼玉県草加市)

TEL：048-935-1991

FAX：048-931-8323

[西日本試験所]

へのお問い合わせ

総合試験ユニット 西日本試験所

(所在地：山口県山陽小野田市)

TEL：0836-72-1223

FAX：0836-72-1960

[工事材料試験所]

へのお問い合わせ

工事材料試験ユニット 工事材料試験所

企画管理課 (所在地：埼玉県さいたま市 他)

TEL：048-858-2841

FAX：048-858-2834

〈ホームページからのお問い合わせはこちらから〉

<https://www.jtccm.or.jp/contact/tabid/518/Default.aspx>

建材試験センター 公式SNS 開設しています

フォローお願いします★

[Facebook] <https://www.facebook.com/jtccm5/>

[Twitter] <https://twitter.com/jtccm5>

[YouTube] <https://www.youtube.com/c/jtccm>

[note] <https://note.com/jtccm5>



Facebook



Twitter



YouTube



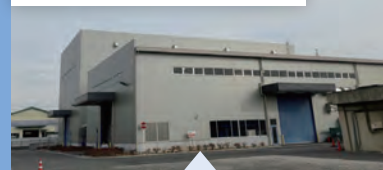
note



コンクリートの圧縮試験
や鉄の引張試験をはじめ、
各種試験動画を Twitter、
Facebook、YouTube で
発信しています！

工事材料試験所の試験の様子

中央試験所の日々の様子



日々の試験所の様子から、主要試験装置
の空き状況、セミナーのお知らせ、中
の人の趣味まで、Twitter及びFacebookで
幅広く発信しています！

機関誌「建材試験情報」
で連載していた基礎講
座を加筆修正して
noteにUPしています！

※写真(建介)は、WOODY
O'TIME社の商品「ものま
ねアニマル マイムフレンズ
なまけもの」です。

SNS担当



建介

コンクリートに使用される材料 ～混和材料：混和材～

1. はじめに

今回は、コンクリートの性能を改善する粉体の混和材料である“混和材”について紹介します。

2. 混和材の概要¹⁾²⁾

コンクリート用混和材は、主にセメントに置き換えて使用される粉体です。セメント量の10～30%と多くの量を使用するため、混和材容積をコンクリート容積に算入して配(調)合計算が行われます。

産業廃棄物の有効利用として使用されたものが多く、セメントとは機構の異なる水硬性をもつため、長期的に強度を増進させ、コンクリートの組織を緻密にして水密性を向上させるなど、品質改善効果を持っています。表1に示すように、混和材の種類によって、コンクリートの性能

に及ぼす影響は異なります。以下に代表的な3種類について紹介します。

2.1 フライアッシュ (FA)

フライアッシュは、火力発電所で石炭(微粉炭)を燃焼する際に副産される石炭灰で、JIS A 6201(コンクリート用フライアッシュ)では強熱減量や粉末度などの品質によって4種類が規定されています(表2参照)。

良質なフライアッシュは表面が滑らかな球状で、コンクリートに混和した際に流動性が改善する“ボールベアリング効果”があり、単位水量を低減することができます。適切な湿潤養生を行えば、“ポゾラン反応”により、長期強度の増進、水密性の向上が期待できます。

また、セメントの一部と代替して使用した場合は、水和熱の発生が抑制されるので、マスコンクリートに適しています。さらに、アルカリシ

リカ反応の抑制効果も期待できます。なお、未燃カーボンが多いフライアッシュは、AE剤を多量に吸着し、空気連行量が低下する場合がありますためAE剤の種類や使用量に留意する必要があります。

2.2 高炉スラグ微粉末 (BFS)

高炉スラグ微粉末は、製鉄所の溶鉱炉から排出されたスラグを急冷し、微粉碎して調整した粉体で、JIS A 6206(コンクリート用高炉スラグ微粉末)では比表面積(cm^2/g)によって4種類が規定されています(表3参照)。

セメントの一部を高炉スラグと置き換えることにより、水和熱による温度上昇を抑制し、温度ひび割れを低減することができます。ただし、養生温度が高くなると活性が増し、普通ポルトランドセメントを使用した場合よりも水和熱が大きくなる場合があります。

また、適切な湿潤養生を行えば、“潜在水硬性”によってセメントペーストが密実になるため、長期強度が増大し、乾燥収縮が低減します。更に、硫酸塩や海水に対する抵抗性が改善され、アルカリシリカ反応の抑制効果も期待できます。なお、高炉スラグ微粉末の粉末度が大きい場合には、自己収縮が大きくなる場合があります。

2.3 シリカフェーム (SF)

シリカフェームは、金属シリコンや

表1 混和材の主な特徴と性能¹⁾

混和材の種類	主成分	特徴	付与される性能	品質規格
フライアッシュ	ガラス(Al_2O_3 - SiO_2 系)、 α -石英、ムライト	ポゾラン反応	水密性、長期強度増進、水和熱低減、アルカリシリカ反応抑制	JIS A 6021
膨張材	カルシウムサルフォアルミネート系、生石灰系、複合系	エトリンガイトや水酸化カルシウムの生成	ひび割れ抵抗性、ケミカルプレストレス	JIS A 6202
高炉スラグ微粉末	ガラス(CaO - MgO - Al_2O_3 - SiO_2 系)	潜在水硬性	硫酸塩抵抗性、海水に対する抵抗性、アルカリシリカ反応抑制、高強度化、高流動化	JIS A 6206
シリカフェーム	ガラス(SiO_2 系)	ポゾラン反応 マイクロフィラー効果	高強度化、高耐久化	JIS A 6207
石灰石微粉末	カルサイト(CaCO_3)	非結合性の混和材 (エーライトの水和促進・ C_3A との反応)	高流動化、水和熱低減	JIS A 5041

表2 フライアッシュの品質 (JIS A 6201) ¹⁾²⁾

品質項目		フライアッシュⅠ種	フライアッシュⅡ種	フライアッシュⅢ種	フライアッシュⅣ種
二酸化けい素含有量 (%)		45.0以上			
湿分 (%)		1.0以下			
強熱減量 (%)		3.0以下	5.0以下	8.0以下	5.0以下
密度 (g/cm ³)		1.95以上			
粉末度	45 μmふるい残分(網ふるい方法) (%)	10以下	40以下	40以下	70以下
	比表面積(ブレン方法) (cm ² /g)	5000以上	2500以上	2500以上	1500以上
フロー値比 (%)		105以上	95以上	85以上	75以上
活性度指数 (%)		材齢28日	90以上	80以上	60以上
		材齢91日	100以上	90以上	70以上



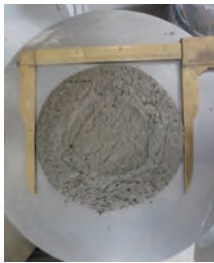
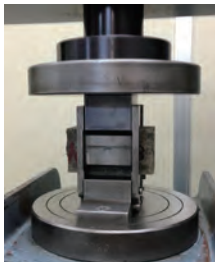
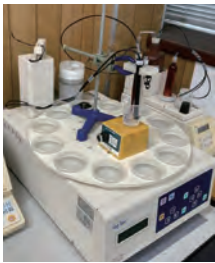
表3 高炉スラグ微粉末の品質 (JIS A 6206) ¹⁾²⁾

品質項目		高炉スラグ微粉末 3000	高炉スラグ微粉末 4000	高炉スラグ微粉末 6000	高炉スラグ微粉末 8000
密度 (g/cm ³)		2.80以上			
比表面積 (cm ² /g)		2750以上 3500未満	3500以上 5000未満	5000以上 7000未満	7000以上 10000未満
活性度指数 (%)	材齢7日	—	55以上	75以上	95以上
	材齢28日	60以上	75以上	95以上	105以上
	材齢91日	80以上	95以上	—	—
フロー値比 (%)		95以上	95以上	90以上	85以上
酸化マグネシウム (%)		10.0以下	10.0以下	10.0以下	10.0以下
三酸化硫黄 (%)		4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下
強熱減量 (%)		3.0以下	3.0以下	3.0以下	3.0以下
塩化物イオン (%)		0.02以下	0.02以下	0.02以下	0.02以下

表4 シリカフェームの品質 (JIS A 6207) ¹⁾²⁾

品質項目	品質規格	
二酸化けい素 (%)	85.0以上	
酸化マグネシウム (%)	5.0以下	
三酸化硫黄 (%)	3.0以下	
遊離酸化カルシウム (%)	1.0以下	
遊離けい素 (%)	0.4以下	
塩化物イオン (%)	0.10以下	
強熱減量 (%)	4.0以下	
湿分 (%)	3.0以下	
比表面積 (BET法) (m ² /g)	15以上	
活性度指数 (%)	材齢7日	95以上
	材齢28日	105以上

表5 混和材の品質試験の一例 ³⁾

項目	①比表面積	②強熱減量、湿分など	③フロー値比	④活性度指数	⑤塩化物イオン
器具	ブレン空気透過装置	電気炉、はかり、 るつぼなど	フローコーン、ノギス、 フローテーブルなど	型枠、圧縮試験機など	電位差滴定装置、 計量容器など
写真					

フェロシリコンを電気炉で製造する際に副産される超微粒子の粉体で、JIS A 6207 (コンクリート用シリカフェーム)に規定されています(表4参照)。

シリカフェームをセメントと置換したコンクリートは、高性能AE減水剤と併用することにより高い流動性が得られ、ブリーディングや材料分離が少なく、繊維補強コンクリートの場合には繊維の分散性が極めて向上します。また、“マイクロファイラー効果”によって強度発現性が増

大すると共に、“ポズラン反応”により水密性や化学抵抗性なども向上します。そして、アルカリシリカ反応の抑制効果が期待できるといわれています。

ただし、低水セメントの場合は凝結直後から大きな自己収縮を生じることがあり、留意が必要です。

3.おわりに

今回はフレッシュコンクリート試験について紹介します。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会：コンクリート技術の要点'20, 2020
- 2) 日本建築学会関東支部：コンクリートの調合と施工, 2015
- 3) 建材試験センター：建築材料・部材の試験評価技術, 2014

author

若林和義

経営企画部 経営戦略課 主査

コンクリート工学年次大会2021(名古屋)、 2021年度日本建築学会大会(東海)への参加

[経営企画部]

1. コンクリート工学年次大会2021(名古屋)への参加

(公社)日本コンクリート工学会主催の「コンクリート工学年次大会2021(名古屋)」が、「今だからこそ3C. Create, Change and Continue the Society with Concrete」をメインテーマとして、7月7日(水)～9日(金)の3日間開催されました。主要行事の「第43回コンクリート工学講演会」は、オンラインでZoomミーティングを用いて行われ、当センターからは2名の職員が発表を行いました(表1および写真1参照)。

また、例年行われている企業展示会はバーチャル空間を用いた「バーチャルコンクリートテクノプラザ2021」として、「生コンセミナー」「コンクリート構造物診断セミナー」「特別講演会」等はウェビナーを用いたオンラインセミナーとして行われました。

表1 発表者一覧

筆頭著者	所属	題名	共著者	区分
伊藤嘉則	総合試験ユニット 性能評価本部(東京大学)	加速度・速度一定領域に基づく中低層RC造建物の応答変位予測式	楠浩一(東京大学)	B. 構造・設計 » 耐震性能評価/耐震壁
若林和義	事務局 経営企画部	防錆剤を塗布した鉄筋とコンクリートとの付着強さ試験方法における供試体の小形化に関する検討	中村則清、齊藤辰弥、 藤巻敏之	A. 材料・施工 » 強度・力学的性質



写真1 講演会の様子

2. 2021年度日本建築学会大会(東海)への参加

2021年度日本建築学会大会(東海)が9月7日(火)から10日(金)の3日間、「つなぐ、集う、楽しむ」をテーマとして、オンラインにて開催されました。本年度は、当センターから8名の職員が発表を行いました。発表者および題目は表2のとおりです。また、その他共同発表などにおいて参加の題目は表3のとおりです。当センターでは、学会への論文投稿などをおして職員の知識向上に努めています。

表2 発表者一覧

(敬称略)

分類	講演番号	発表者	題名	共同発表者
材料施工	1020	齊藤辰弥 (中央試験所)	石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その5 乾燥収縮	西祐宜(フローリック)、佐藤幸恵(東京都市大学)、谷口円(北海道立総合研究機構)、鈴木澄江(工学院大学)、陣内浩(東京工芸大学)
	1241	若林和義 (経営企画部)	コンクリート採取試験技能者認定試験の実技試験におけるJIS 試験方法と相違した不適合項目について	中田善久(日本大学)
構造Ⅲ	22186	中里匡陽 (経営企画部)	木質構造用ねじのJIS 原案作成に伴う試験方法に関する検討 その2 曲げ試験	菊部泰輝(ジネジック)、芝本和治(ミヤガワ)、萱野雅樹(若井ホールディングス)、山本英雄(若井ホールディングス)、及川亮(ジネジック)、小林研治(静岡大学)、那須秀行(日本工業大学)、稲山正弘(東京大学大学院)
	22188	早崎洋一 (西日本試験所)	木質構造用ねじのJIS 原案作成に伴う試験方法に関する検討 その4 引張強さ及びねじり強さ試験の検証試験と策定した試験 方法	小森谷誠、中里匡陽、芝本和治(ミヤガワ)、萱野雅樹(若井ホールディングス)、中島昌一(建築研究所)、小林研治(静岡大学)、那須秀行(日本工業大学)、稲山正弘(東京大学大学院)
構造Ⅳ	23039	上村昌平 (性能評価本部)	繰返し載荷を受ける太径鉄筋を用いた接着系あと施工アンカー のせん断耐力と変位関係の検討 その1 ダウエル効果に基づ く提案式との比較	小森谷誠、早崎洋一、伊藤嘉則、楠浩一(東京大学)、塩原等(東京大学大学院)
	23040	小森谷誠 (西日本試験所)	繰返し載荷を受ける太径鉄筋を用いた接着系あと施工アンカー のせん断耐力と変位関係の検討 その2 補正方法の提案	上村昌平、早崎洋一、伊藤嘉則、楠浩一(東京大学)、塩原等(東京大学大学院)
	23236	伊藤嘉則 (性能評価本部・ 東京大学)	中低層RC 造建物に最大応答変位が生じた時刻の等価減衰 Substitute Damping 法との対比	楠浩一(東京大学)
環境	40314	田坂太二 (中央試験所)	窓の付属部材の断熱・日射遮へい効果の評価方法に関する検討 その2) 試験及び解析結果	三浦尚志(建築研究所)

※下線はセンター職員。

表3 共同発表一覧

(敬称略)

分類	講演番号	発表者	題名	共同発表者
材料施工	1016	小山明男 (明治大学)	石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その1全体計画	佐藤幸恵(東京都市大学)、齊藤辰弥、西祐宜(フローリック)、松沢見一(建築研究所)、三島直生(国土技術政策総合研究所)
	1019	松沢見一 (建築研究所)	石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その4 強度発現性状	佐藤幸恵(東京都市大学)、小山明男(明治大学)、三島直生(国土技術政策総合研究所)、鈴木澄江(工学院大学)、齊藤辰弥
	1021	鈴木澄江 (工学院大学)	石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その6.中性化	齊藤辰弥、佐藤幸恵(東京都市大学)、小山明男(明治大学)、谷口円(北海道立総合研究機構)、陣内浩(東京工芸大学)
	1022	谷口円 (北海道立総合 研究機構)	石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その7 気泡組織と凍結融解抵抗性	齊藤辰弥、佐藤幸恵(東京都市大学)、小山明男(明治大学)、鈴木澄江(工学院大学)、陣内浩(東京工芸大学)
構造Ⅲ	22185	稲山正弘 (東京大学大学院)	木質構造用ねじのJIS 原案作成に伴う試験方法に関する検討 (その1: JIS 原案作成の背景及び概要)	菊部泰輝(ジネジック)、橋本岳史(日本木質構造用ねじ工業会)、早崎洋一、中里匡陽、荒木康弘(国土技術政策総合研究所)、野田康信(森林総合研究所)、小林研治(静岡大学)、那須秀行(日本工業大学)
	22187	小林研治 (静岡大学)	木質構造用ねじのJIS 原案作成に伴う試験方法に関する検討 (その3: 曲げ試験における試験方法策定のための検証試験)	芝本和治(ミヤガワ)、萱野雅樹(若井ホールディングス)、山本英雄(若井ホールディングス)、及川亮(ジネジック)、林健太、中里匡陽、那須秀行(日本工業大学)、稲山正弘(東京大学大学院)
	20448	松本慎也 (近畿大学)	軽量角形鋼管によるノンプレース型天井構造に関する研究 その1. 接合金物の基礎的特性	佐藤公章(佐藤鋼製製作所)、早崎洋一
	22214	莊所直哉 (明石工業高等 専門学校)	柱脚接合部の引張性能に及ぼす載荷速度の影響に関する研究 その1 ホールダウン金物を事例として	早崎洋一、三芳紀美子(九州産業大学)、大橋好光(東京都市大学)
構造Ⅳ	23052	沼田卓也 (東京ソイルリ サーチ)	長尺あと施工アンカーの性能確認試験 (その7) アンボンド区間を設けたあと施工アンカーの塑性域で の繰返し載荷実験I	中野克彦(千葉工業大学)、松沢見一(建築研究所)、中田清史(建築研究所)、内野裕士(内野建設工業)、大垣正之(日本建築あと施工アンカー協会)、今井清史(サンコテクノ)、早崎洋一、酒井裕基(千葉工業大学)
防火	3010	中村正寿 (大成建設)	不均一な発熱速度分布を有する壁面火災に関するFDS による 検討	吉岡英樹(建築研究所)・村岡宏(大林組)・西尾悠平(東京理科大学)・中村美紀・大宮喜文(東京理科大学)
環境工学	40313	三浦尚志 (建築研究所)	窓の付属部材の断熱・日射遮へい効果の評価方法に関する検討 その1) 熱平衡モデルの検討と試験概要	田坂太二
	40327	齊藤孝一郎 (YKK AP)	日本のカーテンウォール熱性能簡易計算法の開発 その2 簡易計算法の概要	二宮秀典(鹿児島大学大学院)、岸本尚子(YKK AP)、木下泰斗(日本板硝子)、磯本尚史(不二サッシ)、佐久間英二(ニチベイ)、折原規道(三協立山)、萩原伸治
	40328	岸本尚子 (YKK AP)	日本のカーテンウォール熱性能簡易計算法の開発 その3 フレームの熱性能簡易計算法	二宮秀典(鹿児島大学大学院)、齊藤孝一郎(YKK AP)、木下泰斗(日本板硝子)、磯本尚史(不二サッシ)、佐久間英二(ニチベイ)、折原規道(三協立山)、萩原伸治
	40329	木下泰斗 (日本板硝子)	日本のカーテンウォール熱性能簡易計算法の開発 その4 グレージング複合体の日射熱取得率の簡易計算法	二宮秀典(鹿児島大学大学院)、齊藤孝一郎(YKK AP)、岸本尚子(YKK AP)、磯本尚史(不二サッシ)、佐久間英二(ニチベイ)、折原規道(三協立山)、萩原伸治
	40330	磯本尚史 (不二サッシ)	日本のカーテンウォール熱性能簡易計算法の開発 その5 スパンドレル部パネルの熱性能	二宮秀典(鹿児島大学大学院)、齊藤孝一郎(YKK AP)、萩原伸治、岸本尚子(YKK AP)、折原規道(三協立山)、木下泰斗(日本板硝子)、佐久間英二(ニチベイ)、
	40331	佐久間英二 (ニチベイ)	日本のカーテンウォール熱性能簡易計算法の開発 その6 日射遮蔽物の簡易計算法	二宮秀典(鹿児島大学大学院)、齊藤孝一郎(YKK AP)、岸本尚子(YKK AP)、木下泰斗(日本板硝子)、磯本尚史(不二サッシ)、折原規道(三協立山)、萩原伸治
	40332	折原規道 (三協立山)	日本のカーテンウォール熱性能簡易計算法の開発 その7 簡易計算法による計算事例と精度検証	二宮秀典(鹿児島大学大学院)、齊藤孝一郎(YKK AP)、岸本尚子(YKK AP)、木下泰斗(日本板硝子)、磯本尚史(不二サッシ)、佐久間英二(ニチベイ)、萩原伸治

※下線はセンター職員。

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

JISマーク表示制度に基づく製品認証登録

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

JISマーク認証組織

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
TC0221002	2021年8月2日	JIS R 3209	複層ガラス	株式会社エヌピーエス 東日本工場	福島県双葉郡楢葉町大字下繁岡字北谷地 1-1
TC0421001	2021年8月2日	JIS A 9526	建築物断熱用吹付け 硬質ウレタンフォーム	旭有機材株式会社 愛知工場	[旭有機材株式会社 愛知工場] 愛知県丹羽郡 扶桑町南山名字新津 26 番地の 4 [明和油化工業株式会社] 愛知県西尾市伊藤町 沖 4 番地 1
TC0321003	2021年9月1日	JIS G 3350	一般構造用軽量形鋼	丸豊工業株式会社 第3工場	埼玉県三郷市花和田 36-1
TCCN21063	2021年9月1日	JIS R 3211	自動車用安全ガラス	聖戈班汽車玻璃（上海） 有限公司	中国上海市閔行区経済技術開発区文井路 18 号

JIS マーク製品認証の検索はこちら <https://www.jtccm.or.jp/biz/ninsho/search/tabid/341/Default.aspx>

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、2021年4月～2021年9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（2021年4月～2021年9月）

※暫定集計件数

分類	件数
防耐火関係規定（防耐火構造、防火設備、区画貫通部措置工法、屋根飛び火、防火材料等）	287
その他規定（耐力壁の壁倍率、界壁の遮音構造、ホルムアルデヒド発散建築材料、指定建築材料）	12

Editor's notes

— 編集後記 —

2021年も年末が近づきつつありますが、今年も新型コロナウイルス感染症に明け暮れた1年でした。編集委員会もWEB会議のみで、いまだに小山先生・編集委員長に対面できていません。ただし、本稿を執筆している9月時点で政府は11月には希望者が全員ワクチンを2回打ち終えることができるようになった、と公表しているので本号が発行される頃には状況もかなり好転していることが期待されます。さらに、岸田衆議院議員が総理大臣となり、日本も新しい時代へ舵を切っていることでしょう。

建材試験センターも本号の冒頭に挨拶があるとおり、10月に渡辺新理事長が就任し新時代への船出をすることとなりました。中央試験所の新防耐火棟も建屋が姿を見せている頃で、今後も引続き公平性と技術力に立脚した第三者証明事業を推進してまいりますので、皆様からのご支援のほどよろしくお願い申し上げます。

さて、私ごとになりますが、近年続く台風・大雨などの影響か、もともとかなり旧くなってきた拙宅で今夏、雨樋が壊れたのをきっかけに屋根を中心としたリフォームを行いました。ネットで業者検索するところからして家を建てた昔とは違うのですが、最近では屋根の状態を確認するのにドローンを使って

写真を撮り、不具合箇所や痛みの程度を説明してくれて見積りを作成していました。少し前であれば梯子をかけたり危険を冒して屋根にのぼったりしていたかと思いますが5分程度で終わり解説を聞いて、記録データもその場で受渡しました。その他にもサーモグラフィーやファイバースコープで確認したり、遮熱塗料・シートや炭素繊維補強なども提案していました。費用もかかるのと効果も不確かなので話を聞くことが中心でしたが、一昔前にはなかった技術が随所に登場する時代になっていることに大いに感心しました。

思えば、今や当たり前のタワーマンションも超高強度コンクリートの誕生に支えられて普及してきています。技術の進歩は街の景色も変えるということでしょうか。コロナ下では施工にもリモート技術が開発・適用されているというニュースも聞きました。ウイズコロナの時代にはますます新しい材料・工法などが登場することとなるでしょうが、建材試験センターとしてはそのような技術や社会を支えていける組織として変わっていきたいと思います。

最後に、来年が皆様にとって良い一年となることを心よりお祈りいたします。

(砺波)

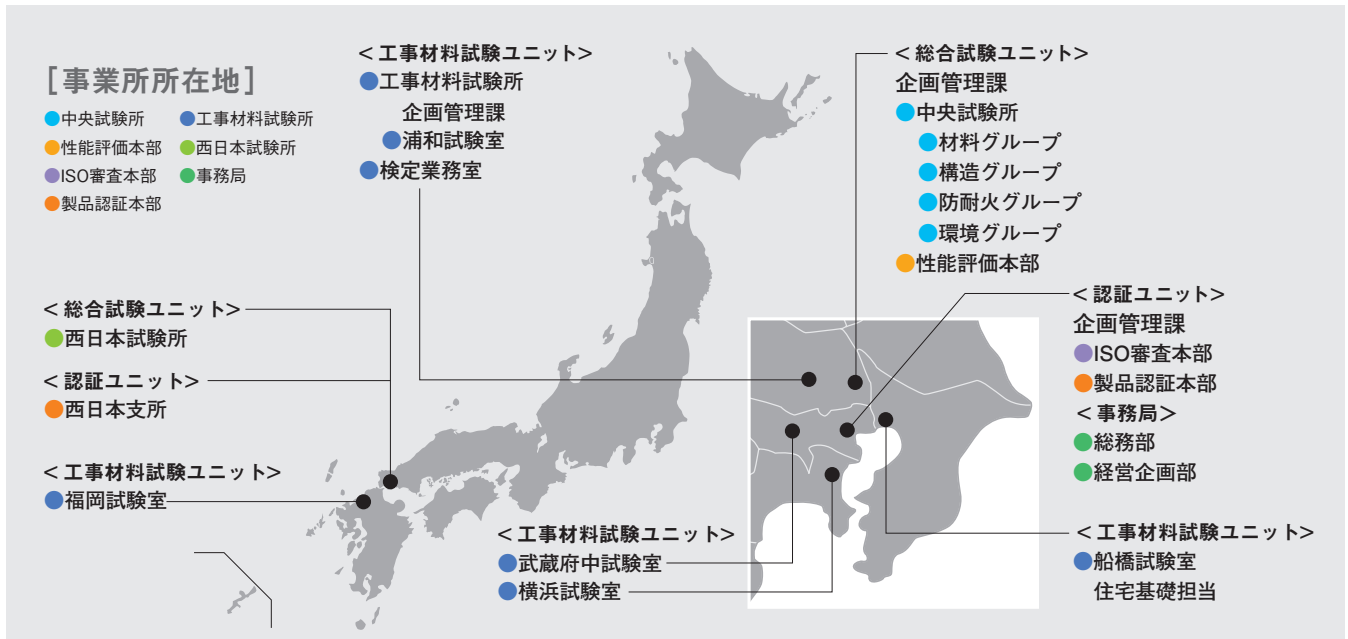
建材試験情報編集委員会

委員長	小山明男 (明治大学 教授)
副委員長	砺波 匡 (常任理事)
委員	真野孝次 (常務理事) 丸山慶一郎 (常任理事) 西脇清晴 (経営企画部 部長) 宮沢郁子 (経営企画部 企画調査課・経営戦略課 課長) 若林和義 (経営企画部 経営戦略課 主査) 高橋一徳 (経営企画部 経営戦略課 主任) 武田愛美 (経営企画部 経営戦略課・企画調査課)
事務局	長坂慶子 (経営企画部 経営戦略課 参事) 黒川 瞳 (経営企画部 経営戦略課)

建材試験情報 11・12月号

発行所	2021年11月30日発行 (隔月発行) 一般財団法人建材試験センター 〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町1-10-15 JL日本橋ビル
発行者	松本 浩
編集	建材試験情報編集委員会
事務局	経営企画部 TEL 03-3527-2131 FAX 03-3527-2134 本誌の内容や記事の転載に関するお問い合わせは事務局までお願いいたします。

事業所一覧



< 総合試験ユニット >

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

● **中央試験所**
〒340-0003 埼玉県草加市稲荷 5-21-20
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 : 048-935-1720
防耐火グループ TEL : 048-935-1995 FAX : 048-931-8684
環境グループ TEL : 048-935-1994 FAX : 048-931-9137

● **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(代) FAX : 0836-72-1960

● **性能評価本部**
〒340-0003 埼玉県草加市稲荷 5-21-20
TEL : 048-935-9001 FAX : 048-931-8324

< 認証ユニット >

企画管理課
〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-10-15 JL 日本橋ビル 8階
TEL : 03-3249-3151 FAX : 03-3249-3156

● **ISO審査本部**
〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-10-15 JL 日本橋ビル 8階
TEL : 03-3249-3151 FAX : 03-3249-3156

● **製品認証本部**
〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-10-15 JL 日本橋ビル 8階
TEL : 03-3808-1124 FAX : 03-3808-1128

西日本支所
〒757-0004 山口県山陽小野田市大字山川(西日本試験所内)
TEL : 0836-72-1223 FAX : 0836-72-1960

< 工事材料試験ユニット >

● **工事材料試験所**
企画管理課
〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島 2-12-8
TEL : 048-858-2841 FAX : 048-858-2834

武蔵府中試験室 〒183-0035 東京都府中市四谷 6-31-10
TEL : 042-351-7117 FAX : 042-351-7118

浦和試験室 〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島 2-12-8
TEL : 048-858-2790 FAX : 048-858-2838

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

住宅基礎担当 TEL : 047-498-9507 FAX : 047-498-9508

福岡試験室 〒811-2115 福岡県糟屋郡須恵町大字佐谷 926
TEL : 092-934-4222 FAX : 092-934-4230

● **検定業務室** 〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島 2-12-8
TEL : 048-826-5783 FAX : 048-826-5788

< 事務局 >

〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-10-15 JL 日本橋ビル 9階
● **総務部** TEL : 03-3664-9211(代) FAX : 03-3664-9215

● **経営企画部**
経営戦略課 TEL : 03-3527-2131 FAX : 03-3527-2134
企画調査課 TEL : 03-3527-2133 FAX : 03-3527-2134

