

建材試験情報

JTCCM JOURNAL

2022

3・4

March / April

Vol.58



- 02 **ご挨拶**
— 変化に即した事業運営へ — 理事長 渡辺 宏
2022年度に向けて 常務理事・事務局長 松本 浩
- 寄稿 ● 04 **外装仕上材の中酸化抑制効果の評価方法および評価基準に関する検討**
— JIS A 6909 改正および関連する仕様書・規準類の動向 —
芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授 濱崎 仁
- 特集 ● 10 **安全性・快適性・環境貢献等の指標を付与する性能評価事業**
座談会
平成に果たした木造技術と令和に果たすべき木造技術
- 18 **寄稿**
真の性能と性能評価試験
東京理科大学 理工学研究科 国際火災科学専攻 教授 河野 守
- 20 **防耐火性能評価試験に供する試験機の紹介**
総合試験ユニット 性能評価本部 性能評定課 課長 福田俊之
- 23 **性能評価の変遷**
総合試験ユニット 性能評価本部 性能評定課 主査 志村孝一
- 26 **防耐火性能評価にかかわる試験体製作メーカーの紹介**
- 技術紹介 ● 28 **技術レポート**
コンクリートの爆裂に関する試験方法
総合試験ユニット 中央試験所 防耐火グループ 参事 常世田昌寿
- 32 **試験設備紹介**
観察カメラの導入～中央試験所 動風圧試験室及び大型送風散水試験室～
総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ 主任 大西智哲
- 34 **試験設備紹介**
土の一軸圧縮試験機
工事材料試験ユニット 工事材料試験所 浦和試験室 主査 日詰康志
- 36 **規格基準紹介**
JIS A 6916(建築用下地調整塗材)の改正について
日本建築仕上材工業会 事務局 次長 越中谷光太郎
- 連載 ● 40 **研究を通して学んだこと**
vol.4 塗床ふくれの謎解き研究から学んだこと：研究は推理小説というエンターテインメントである。
東京工業大学 名誉教授 田中享二
- 46 **建材への道のり** Vol.13 茅材編 工学院大学 教授 田村雅紀
- 49 **業務報告**
「コンクリート採取試験技能者認定制度」下期認定試験を船橋試験室で開催
工事材料試験ユニット 検定業務室
- 50 **基礎講座**
コンクリートの試験の基礎知識 Vol.7 硬化コンクリートの性質～強度性状～
経営企画部 経営戦略課 主査 若林和義
- 55 **VISITOR**
- 56 **資格取得者紹介**
コンクリート技士試験受験に関して
総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ 菱沼 匠
- 57 **部門紹介** — 工事材料試験ユニット 工事材料試験所 武蔵府中試験室 —
- 58 **NEWS**
- 60 **REGISTRATION**

—変化に即した事業運営へ—

理事長

渡辺 宏



平素から格別のお引立てを賜り心から感謝申し上げます。

この一年、2021年度を振り返りますと、一年延期された2020東京オリンピック・パラリンピックが成功裡に開催されたこと、そして、その開催・運営に携わられた多くの方々のよき働きが発揮され、日本の魅力と真価が世界に発信されたことは大変に喜ばしいことと思います。

一方におきまして、新型コロナウイルス感染症はその変異株の発生により、ワクチン接種が行き渡りつつも、その拡大が波状的に発生する状況でありました。かかる状況下におきましても、依頼者の皆様・関係者の皆様のご支援のおかげで、2021年度、そして2022年の現在も事業を続けられております。改めて御礼を申し上げます。

このコロナ禍の中におきましても、台風、地震、大雪、火災などによる身体生命財産への損害を生ずる痛ましい災害が発生しており、弊センターの使命である「住生活・社会基盤整備」はますます重要度を増していると認識しており、しっかりと貢献をしております。

新型コロナウイルス感染症の拡大は、人々の生活や経済活動の様式を根本から作りかえたともいえるのではないかと思います。以前には想定できなかったデジタル化などが一気に進みつつあり、弊センターにおきましても、このような変化に即して、その事業運営の一層の効率化を図っております。

国際的に目を転じますと、2021年末には気候変動COP26が開催され、日本も2050年に向けカーボンニュートラル実現に向けた対応が求められていると承知しております。また、脱炭素を含めたSDGsに向けた対応も経済界で加速されつつあると認識しております。このような政策的な課題に対応していくための業界の更なる発展と充実に向け、弊センターもしっかりと貢献をしております。

2021年度末には、中央試験所新防耐火試験棟建屋が竣工し、試験炉整備に着手しております。業界の持続的な発展成長に向け、弊センターも状況変化に合わせた体制整備を進めてまいります。

どうぞ本年度も、皆様方のご指導、ご支援のほどを宜しくお願い申し上げます。

2022年度に向けて

常務理事・事務局長

松本 浩



2021年度は、2020年度に引き続き新型コロナウイルス感染症（以下「感染症」。）が猛威を振るう年でした。

このような状況の中で、建材試験センターにおいては、2020年度以降、三密回避やWeb会議、Web立会、オフィス部門のテレワーク推進等により感染対策を徹底してきました。

2021年度第3四半期までの受注状況は、2019年度比91%、2020年度比99%（いずれも金額ベース）となっており、また、2021年10月に取りまとめた2021年度執行見込みによれば、2021年度の経常収益見込は約39億円、経常損益見込は約5億円となっています。

今後の感染症の動向については不透明ではありますが、2022年度につきましては、2020年度以降行ってきました、

- ・感染症の影響下での効率的業務運営や積極的営業活動等の実施
- ・ユニット化による業務の効率化と事業所間の連携強化
- ・各ユニットの業務支援システム等の見直し推進

などを生かして、2021年度執行見込比での増収増益を目指します。

また、2021年度に建築した中央試験所新防耐火試験棟につきましては、2022年度中に3基の耐火試験炉及び多目的試験室の設置を、また、2023年度中に更に2基の耐火試験炉の設置を目指します。

業務支援システム等の見直しにつきましては、「IT化、クラウド化からDX化へ」を念頭に、認証ユニット新基幹システム「BAITAL」の2022年度からの本格稼働、工事材料試験所及び性能評価本部の新基幹システムの2023年度本格稼働に向けた整備推進などにより、業務実施方法の抜本的な見直しと新たな事業モデルの構築を目指します。

また、オフィス部門を中心としたテレワークについては、各種の業務支援システム等を有効に活用し、在宅勤務と職場勤務が連携したハイブリッド型在宅勤務（いわゆるハイブリッドワーク）を推進します。

これらの効率的な業務実施や施設整備等による業務実施能力向上などにより、顧客からの試験等の依頼に対して、より迅速かつ確かな対応が可能となることを目指します。また、職員の就業環境向上により持続的な発展を目指していきます。

建材試験センターは、今後とも引き続き「第三者証明事業を通し住生活・社会基盤整備に貢献する」ことを使命として、試験事業、性能評価事業、認証事業等を的確かつ公正に実施してまいります。

外装仕上材の中性化抑制効果の 評価方法および 評価基準に関する検討

— JIS A 6909改正および関連する仕様書・規準類の動向 —

芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授

濱崎 仁



1.はじめに

鉄筋コンクリート造建築物の高耐久化を実現するためには、大きく二つの考え方がある。一つは、コンクリートの水セメント比を小さくすることなどによって材料の緻密さを向上させ、二酸化炭素や塩化物イオンなどの劣化因子の物質透過抵抗性を大きくする方法である。もう一つは、コンクリートの表面に仕上材を施すことにより、劣化因子の侵入を低減させる方法である。鉄筋コンクリート造建築物の高耐久化においては、両者を効果的に組み合わせることが、合理的な耐久設計を行う上で重要となる。

日本建築学会「建築工事標準仕様書 鉄筋コンクリート工事 JASS 5」(以下、JASS 5)では、3.11(かぶり厚さ)の解説において、屋外の部材において最小かぶり厚さおよび設計かぶり厚さを10mm低減することのできる耐久性上有効な仕上げとして、仕上塗材、塗膜防水材、塗料などの中性化率の一覧とそこに示された中性化率がおおよそ0.6以下であれば中性化抑制効果があるとしている¹⁾。一方、「住宅の品質確保の促進等に関する法律」(以下、品確法)や「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」(以下、長期優良住宅促進法)における劣化対策の評価方法基準では、仕上塗材などの有機系の仕上材については、中性化抑制効果の評価方法や評価基準がなかったこと、これらの材料の耐久性に関する知見が十分に整理されていないことなどから、耐久性上有効な仕上材として位置付けられていない。

このような背景を踏まえて、JIS A 6909(建築用仕上塗材)改正原案作成委員会(委員長:本橋健司 芝浦工業大学名誉教授、事務局:日本建築仕上材工業会)では、仕上塗材の中性化抑制効果の評価のための試験方法を標準化するため、附属書A(規定)仕上塗材の二酸化炭素透過度の試験方法を新たに制定し、2021年12月に改正JISが公示された。

また、国土交通省では、上記のJIS改正および令和2年度建築基準整備促進事業「M8 仕上塗材の性能評価に基づくRC造劣化対策の評価方法基準等の合理化に関する検討」(以下、基整促M8)の検討結果を踏まえて、品確法および長期優良住宅促進法の評価方法基準におけるかぶり厚さを低減することのできる仕上塗材の評価方法と評価基準に関する技術基準の改定の検討が行われている。また、現在検討が行われているJASS 5の改定においても、かぶり厚さを低減できる耐久性上有効な仕上材の選定の考え方が検討されている。

本稿では、JIS A 6909の改正で制定された、二酸化炭素透過度の試験方法とこの試験方法により評価を行った基整促M8の検討結果の概要についてまとめた報告²⁾の内容を紹介し、外装仕上材の中性化抑制効果の評価の考え方について解説する。

2.仕上材の中性化抑制効果の評価方法

2.1 中性化率による評価

コンクリート表面に施される仕上材の中性化抑制効果の評価方法として、既往の研究においては、仕上材を施したコンクリートと仕上げ無し(打放し仕上げ)のコンクリートに対して、促進中性化試験あるいは屋外暴露試験を行い、それぞれの中性化深さの比(中性化率)によって評価することが一般的であった。また、前述のJASS 5に参考として示されている中性化率は、建築業協会(現日本建設業連合会)による実態調査に基づいた値が示されている。

これらの評価には、それぞれ一長一短があり、促進試験では、仕上材の劣化が考慮できないことや試験時間や環境、母材コンクリートによって結果が左右されること、屋外暴露試験では評価に時間がかかり試験場所の環境の影響を受けること、実態調査においては、仕上材の種類や仕

様、晒される環境の特定が困難なことなどが挙げられる。また、これらの試験では、多数市販されている仕上材の代表的な仕様や製品の評価に限られ、個々の製品の評価とはなっていないことも問題となる。

2.2 二酸化炭素透過度による評価

上記のことを踏まえ、JIS A 6909の改正では、以下の点を考慮した二酸化炭素透過度の試験方法を検討した。

- ①比較的時間で結果が得られること
- ②製品ごとの評価を行うためにラボ試験が可能なこと
- ③相対評価ではなく、コンクリートの品質や環境条件等によらない絶対評価が可能な試験であること

試験方法の参考として、川村らによるボックス法と呼ばれる方法³⁾を参考にした。このボックス法は、JIS Z 0208(防湿包装材料の透湿度試験方法(カップ法))における透湿度の試験方法(カップ法)が参考にされている。

図1および写真1に二酸化炭素透過度の試験で用いる試験体および試験容器を示す。試験容器は、内寸が110mm角、高さが60mm程度の透明な容器(アクリルや塩ビなど)としている。この試験容器内に水酸化カルシウムと湿度調整用の飽和臭化ナトリウム水溶液を入れ、ろ紙の上に試験対象の仕上材を施工した試験体(100mm角)を置いて密封したものを試験に供している。

試験は、この試験容器を20℃・60%R.H、CO₂濃度5%の促進中性化試験槽内に静置し、試験体(仕上塗材)を透過した二酸化炭素を水酸化カルシウムに反応させる。シャーレ内に残存する未反応の水酸化カルシウムを中和滴定により定量することによって、透過した二酸化炭素量を求め、二酸化炭素透過度を算出する。二酸化炭素透過度は、以下の手順で算出する。

(1)式により炭酸化率 $S(t)$ [%] を求める。次に、(2)式により二酸化炭素透過量 $\beta(t)$ [mol/m²] を求めて、試験時間 t を横軸、 $\beta(t)$ を縦軸としたプロットを行う。この時の直線部分のプロットが3点以上となるように試験時間を設定し、最小二乗法により原点を通る近似直線を求め、その勾配 β [mol/(m²・24h)] を二酸化炭素透過度とする。

$$S(t) = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

$$\beta(t) = \frac{(C_0 - C_t) \times M}{A \times 100} \quad (2)$$

ここで、

$S(t)$: t 時間後の炭酸化率 [%]

C_0 : 試験前のCa(OH)₂の含量 [wt%]

C_t : 各試験期間後のCa(OH)₂の含量 [wt%]

$\beta(t)$: t 時間後の二酸化炭素透過量 [mol/m²]

A : 二酸化炭素の透過面積 [m²]

M : シャーレに入れたCa(OH)₂の物質質量 [mol]

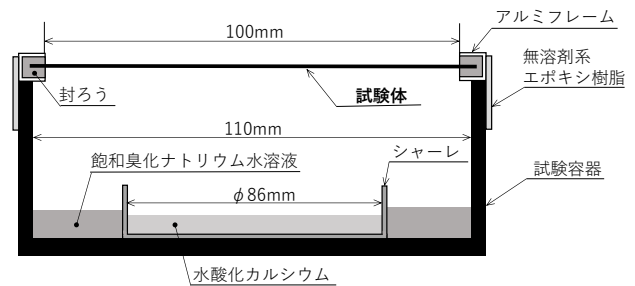


図1 試験体および試験容器



写真1 試験体および試験容器の外観

3.二酸化炭素透過度による中性化抑制効果の評価

3.1 実験概要

二酸化炭素透過度の試験方法を標準化することにより、仕上塗材の製品ごとの二酸化炭素透過度が得られることになるが、果たしてそれらがどの程度の中性化抑制効果を有するのかということについてのデータは得られていない。そこで、基整促M8において、各種の仕上材を施したコンクリート試験体について、促進中性化試験および屋外暴露試験を行い、そこで得られた中性化率と二酸化炭素透過度の関係を求めた。その結果を基に、一定の中性化抑制効果を期待できる耐久性上有効な仕上材の評価の目安を求めている。

実験では、表1に示すような仕上材を対象とした。ここで選定した仕上げ材は、仕上塗材(JIS A 6909)で外装用として一般的に使用されるもののほか、マスチック塗材、外壁用塗膜防水材とした。また、仕上塗材の仕様の影響を確認するため、標準仕様とは異なる簡易仕様を加えている。

表1の仕上材を、水セメント比65%の普通コンクリートに施工し、試験期間52週までの促進中性化試験を行い、仕上げ無し(No.0)との中性化速度係数の比を中性化率とした。また、同様の仕上材について、前節に示した二酸化炭素透過度の試験を行い、中性化率との関係を確認した。

表1 実験に用いた仕上材の規格・種類・仕様

No.	規格	種類・仕様	工法
0	—	仕上げ無し	—
1	JIS A 6909	薄塗材E	吹付け
2		防水形薄塗材E	ローラー
3		複層塗材E	吹付け
4		複層塗材E (主材基層なし)	吹付け
5		防水形複層塗材E	吹付け
6		防水形複層塗材E (主材基層なし)	吹付け
7		防水形複層塗材E (主材基層の塗付量1/2)	吹付け
8		防水形複層塗材E (上塗材なし)	吹付け
9	*1	マスチックA	ローラー
10		マスチックAE	ローラー
11	JIS A 6909	厚塗材E	吹付け
12	JIS K 5660	つや有り合成樹脂エマルジョンペイント	ローラー
13	JIS A 6909	可とう形改修塗材E (主材800g/m ²)	ローラー
14		可とう形改修塗材E (主材300g/m ²)	ローラー
15	JIS A 6021	塗膜防水材	ローラー
16	JIS A 6909	複層塗材CE	吹付け
17		厚塗材C	吹付け

*1 公共住宅事業者等連絡協議会「機材の品質・性能基準」

3.2 二酸化炭素透過度の測定結果

図2に主な仕上材 (No.1、3、5、9、11、15) に関する試験容器内の水酸化カルシウムの炭酸化率の経時変化を示す。

1-薄塗材E、9-マスチックAおよび11-厚塗材Eは炭酸化率が早期に上昇する傾向が見られた。炭酸化率は、50%程度までは時間に伴い定常的に上昇する。しかし、60~70%程度に到達した後、炭酸化率は横ばいとなる。これは、水酸化カルシウムと二酸化炭素との反応が固相-気相間の不均一反応であり、水酸化カルシウム粒子の表層に炭酸カルシウムの層が生成し、炭酸カルシウム層の割合が60~70%程度になると、その後の炭酸化反応が進行しにくくなるためと考えられる。そこで、二酸化炭素透過度を算出する際には、炭酸化率が50%以下となる線形的な範囲の測定値を用いることとした。

一方、二酸化炭素透過度の低い仕上材については、長時間静置して炭酸化率が50%程度になるまで反応を進行させることが望ましいが、試験時間が長くなる。したがって、試験時間は168時間(7日間)を最長とし、なるべく等間隔に3水準設定することとした。

図3に、仕上材 (No.: 1、3、5、9、11) の二酸化炭素透過量の経時変化を示す。図中には、炭酸化率50%以下の範囲の直線部分の値で直線回帰した近似直線、回帰式および相関係数を示している。

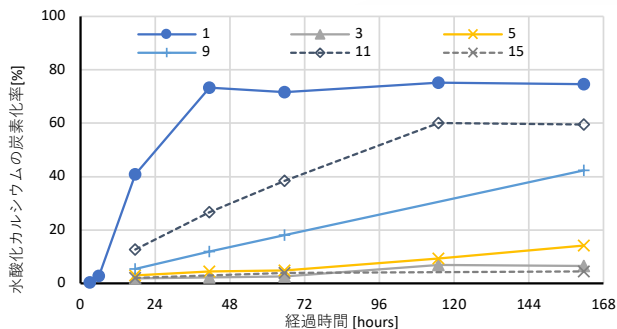


図2 水酸化カルシウムの炭酸化率の経時変化

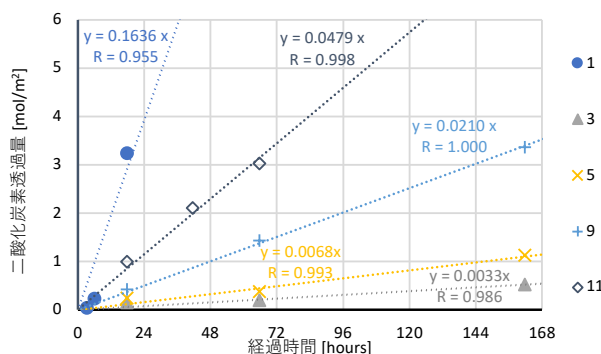


図3 二酸化炭素透過量の経時変化

表2 二酸化炭素透過度の測定結果 [mol/(m²・24h)]

No.	二酸化炭素透過度	No.	二酸化炭素透過度	No.	二酸化炭素透過度
1	3.93	7	0.09	13	0.04
2	0.05	8	0.05	14	0.03
3	0.08	9	0.50	15	0.06
4	0.16	10	0.05	16	0.07
5	0.16	11	1.15	17	8.48
6	1.88	12	0.08		

び相関係数を示している。

試験開始直後から試験体内に二酸化炭素が侵入するまでの遅れ時間(仕上材内を二酸化炭素が拡散する時間)は無視できるほどに小さく、原点を通る直線で近似できることが確認された。一方、1-薄塗材Eのように炭酸化が早い仕上材についても、炭酸化率が50%以下の3水準(図2では3h、6h、18h)で測定することにより二酸化炭素透過度が算出できることが確認できた。

表2に各試験体の二酸化炭素透過度の測定結果を示す。二酸化炭素透過度の比較的大きい仕上材としては、1-薄塗材E、9-マスチックA、11-厚塗材E、17-厚塗材Cなどがある。また、防水形複層塗材Eであっても、No.6のように基層を省略した仕様とした場合には二酸化炭素透過度は大きくなっており、適切な仕様・施工が重要であることも示唆される。

3.3 二酸化炭素透過度と中性化率の関係

二酸化炭素透過度によって、仕上材の中性化抑制効果を評価するためには、コンクリートに施工された状態での中性化の進行程度との関係を得ておく必要がある。図4に二酸化炭素透過度と中性化率の関係を示す。また、図5に二酸化炭素透過度2.0 [mol/(m²・24h)] までの範囲に拡大した図を示す。図中には、両者の関係を直線近似した場合の近似直線および近似式を示している。

二酸化炭素透過度と中性化率の間には (3) 式に示す正の相関があり、相関係数は0.85となり強い相関があることが確認された。

$$s = 0.0857 \beta + 0.156 \quad (3)$$

ここで、

s : 中性化率

β : 二酸化炭素透過度 [mol/(m²・24h)]

全体的な傾向を見ると、多くの仕上材で二酸化炭素透過度、中性化率ともに小さい値となり、1-薄塗材E、11-厚塗材E、17-厚塗材Cが両者ともに大きくなっている。9-マスチックAは(3)式から考えるとコンクリート供試体の中性化率が大きい値となっているが、別途測定した透湿度も大きく母材コンクリートの乾燥が進んだことも一因として考えられる。一方、10-マスチックAE(マスチックAにGPの上塗材)の中性化率は12-GPのみとほとんど同じであることから、マスチックAの主材は中性化率が比較的大きいものの、GPの塗膜の連続性によって二酸化炭素の透過を抑制していると考えられる。

6-防水形複層塗材Eの主材基層無しの仕様については、二酸化炭素透過度が相対的に大きくなっているが、これについては、主材の基層がないことにより、主材の厚さにむらが生じ、局所的に厚さの薄い部分やピンホールなどが試験体に生じたことが原因であると考えられる。

4. 仕上材の劣化を考慮した評価基準の検討

4.1 促進耐候性試験後の二酸化炭素透過度

仕上げ材の耐候性の評価基準としては、表3のような基準があり、キセノンウェザーメータによる促進耐候性試験後の劣化の程度が規定されている。基整促M8の検討では、仕上材の劣化による二酸化炭素透過度の変化を確認するため、1-薄塗材E、3-複層塗材E、12-GPについて、表4に示す時間のキセノンウェザーメータ試験実施後の二酸化炭素透過度および光沢残存率の測定を行って、劣化後の二酸化炭素透過度の変化を評価した。

表5に実験結果を示す。1-薄塗材Eは、目視観察でのひび割れや骨材の脱落が確認できた600時間照射および1200時間照射においても、二酸化炭素透過度は上昇していない。薄塗材Eは未劣化であっても二酸化炭素透過度が高い

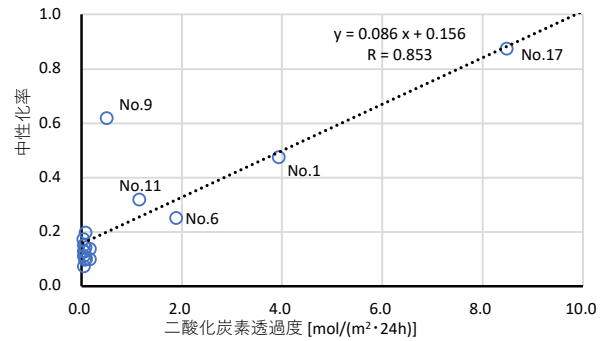


図4 二酸化炭素透過度と中性化率の関係

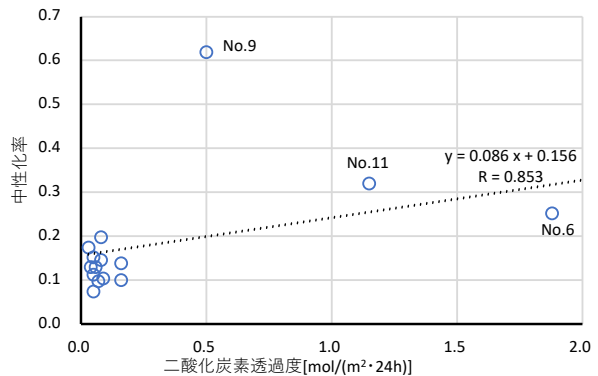


図5 二酸化炭素透過度と中性化率の関係 (2.0[mol/(m²・24h)]以下)

表3 耐候性に関する品質基準

種類	耐候性の品質		
	照射時間*1	品質	
すべての外装仕上塗材	300時間*2	ひび割れ・剥がれがなく、変色の程度はグレースケール3号以上	
複層塗材可とう形改修塗材	耐候形1種	2500時間*2	ひび割れ・剥がれ・膨れがなく、光沢保持率80%以上、変色の程度はグレースケール3号以上、白亜化の等級1以下
	耐候形2種	1200時間*2	
	耐候形3種	600時間*2	
GP	480時間*3	白亜化の等級は1又は0、光沢保持率60%以上、色の変化の程度が見本品に比べて少ない	

*1 キセノンウェザーメータによる照射時間

*2 JIS A 6909(建築用仕上塗材)

*3 JIS K 5660(つや有合成樹脂エマルジョンペイント)

表4 促進耐候性試験を行った試験体と照射時間

No.	種類	実験における照射時間 [時間]
1	薄塗材E	300, 600, 1200
3	複層塗材E(耐候形3種)	600, 1200, 2500
12	GP	480, 600, 1200, 2500

表5 促進劣化後の二酸化炭素透過度・光沢残存率

No.	測定項目	照射時間 [時間]					
		0	300	480	600	1200	2500
1	二酸化炭素透過度 [mol/(m ² ·24h)]	5.43	5.14	—	5.46	5.04	—
3		0.04	—	—	0.06	0.09	0.08
12		0.03	—	0.05	0.06	0.30	0.05
	光沢残存率 [%]	—	—	54.7	52.9	56.3	18.8

ことから、劣化の影響が表れにくいと考えられる。

3-複層塗材Eは、促進耐候性試験による影響が少ない。耐候形3種では600時間照射後にひび割れ、剥がれ、膨れがなく、光沢保持率80%以上であることを規定しており、二酸化炭素透過度にも大きな変化は認められない。試験した複層塗材E（耐候形3種）は、JIS規定より長時間である2500時間照射（耐候形1種相当）でも外観観察でひび割れ、剥がれ、膨れは認められず、二酸化炭素透過度にも変化は認められなかった。

12-GPは、2500時間まで照射してもひび割れなどは認められず、二酸化炭素透過度についても1200時間照射以外は上昇が認められなかった。しかしながら、1200時間照射時に関しては他と比較して一桁程度高い二酸化炭素透過度を示した。理由は不明であるが、塗膜の連続性を失うような微視的な劣化が発生した可能性が考えられる。

これらの結果から、促進劣化の影響は、仕上材の塗膜の連続性が保たれている間は二酸化炭素透過度の変化として現れにくい、劣化により塗膜の連続性が失われる状況になった場合には二酸化炭素透過度が大きくなることが推測される。

4.2 既往の研究を踏まえた評価基準の検討

仕上材の劣化の影響を考慮するため、既往の研究による中性化率の値を参照し、比較検討を行った。表6に既往の研究で得られている中性化率の一覧を示す。仕上材の種類については、それぞれの文献での表記を参考に、JIS A

6909およびJIS K 5660の区分に従って整理した。

図6に二酸化炭素透過度と既往の研究から得られている中性化率の関係を示す。既往の研究の二酸化炭素透過度には、基整促M8で得られた二酸化炭素透過度を当てはめて図示している。

中性化率の値は、各研究により大きく値が異なる場合もある。これは、促進試験と暴露試験、実構造物などの環境条件や評価の期間が異なること、各研究で使用された材料の個々の品質の相違があることなどが理由である。特にJASS 5については、実態調査などの結果を踏まえた安全側の値が設定されているため、全体的に大きい値となっている。

基整促M8では、促進試験により中性化率を求めているため、中性化率は暴露試験や実態調査と比較すると相対的に小さい値となるが、17-厚塗材Cのように中性化率が大きい値となっている材料もある。これは、同じ厚塗材Cに区分される材料でも上塗材の有無や個々の製品の違いなどによるものであり、ここでの結果のように上塗材がない厚塗材のみの場合には大きい値となる。

図7に二酸化炭素透過度の評価の目安を検討するための中性化率との関係を示す。ここでは、実態調査に基づくJASS 5を除いて図示している。なお、長谷川/11yの11-厚塗材Eについては、暴露20年の結果から判断し異常値として扱った。

二酸化炭素透過度による中性化抑制効果の評価基準を考える場合、一般的な外装仕上材の修繕周期である10～20年ぐらいの期間において、JASS 5の目安としている中性化率が0.6程度を越えるような材料を除く必要があると考える。また、安全側の評価とすることを考慮すると、二酸化炭素透過度が低く、かつ耐久性も期待できる複層塗材や塗膜防水材などを包含する範囲で、できるだけ基準値を小さく設定することが適切であると考えられる。

図7において階段状の線の最も小さい値として示した二酸化炭素透過度0.5[mol/(m²·24h)]の値は、上記のような観点から、試験結果によって中性化率が0.6を超えるよう

表6 既往の研究で得られている中性化率の一覧

No.	Type	基整促M8 ²⁾	基整促M ¹⁴⁾	建築研究所/促進 ⁵⁾	建築研究所/暴露 ⁵⁾	長谷川/11y ⁶⁾	長谷川/20y ⁷⁾	JASS 5 ⁸⁾
		促進試験52週	促進試験11週	促進試験52週	屋外暴露10年	屋外暴露11年	屋外暴露20年	実態調査
1	薄塗材E	0.50	—	0.84	0.97	0.45	0.55	1.02
2	防水形薄塗材E	0.08	0.12	0.18	0.02	—	—	0.68
3	複層塗材E	0.16	0.09	0.30	0.10	0.00	0.00	0.22
5	防水形複層塗材E	0.11	0.11	0.10	0.02	0.13	0.17	0.40
11	厚塗材E	0.35	0.25	—	—	0.06	0.92	0.35
12	GP	0.21	—	0.08	0.04	—	—	0.64
17	厚塗材C	0.88	0.37	—	—	—	—	0.31

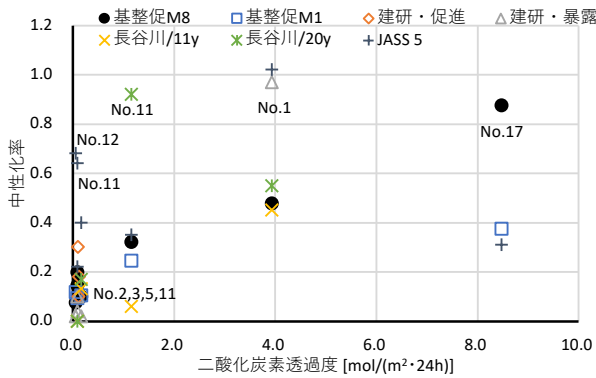


図6 二酸化炭素透過度と既往の研究の中性化率の関係

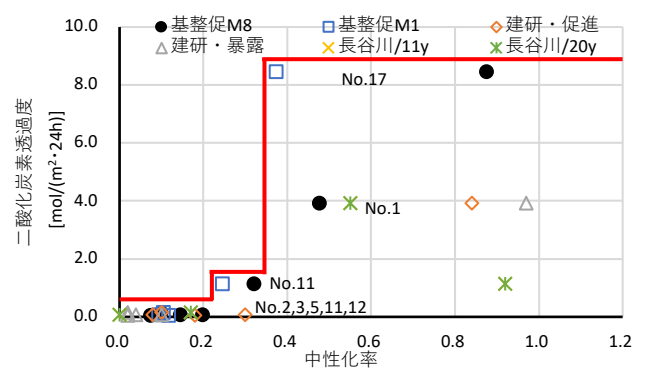


図7 二酸化炭素透過度による中性化率の評価の目安

な大きな値となる11-厚塗材E、1-薄塗E、17-厚塗Cなどを除外し、かつ中性化抑制効果が高い仕上材を含むものとして設定した値である。(3)式(xとyを逆転)を当てはめた場合、促進試験における中性化率は約0.2となる。また、促進劣化後の値は、1-薄塗Eは促進劣化前後ともに大きな値であり、3-複層塗材Eおよび12-GPについては、促進劣化後も0.5 [mol/(m²・24h)]以下の値となっている。

ただし、基整促M8の結果は促進試験によるため、12-GPのように塗膜の連続性を有している状態では二酸化炭素透過度は小さい値となるが、表6に示したように、二酸化炭素透過度のみの評価では、耐久性に懸念のある材料も含まれることになる。また、6-防水形複層塗材Eの基層がない場合のように、施工仕様が不適切な場合には中性化抑制効果は低下する。また、塗膜の連続性が損なわれた場合にも、中性化抑制効果は低下する。したがって、二酸化炭素透過度による評価基準に加えて、品質基準等によって一定の耐久性を有することが確認された材料であること、適切な施工が実施されることを担保する必要がある。

5.さいごに

冒頭に述べたように、鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化のためには、仕上材の効果も含めた合理的な耐久設計が必要不可欠である。そのための一つの検討として、外装仕上材の中性化抑制効果の評価方法の標準化と評価基準の検討を行った。

本検討の結果は、品確法および長期優良住宅促進法における劣化対策の評価基準のほか、JASS 5におけるかぶり厚さを低減できる耐久性上有効な仕上材の選定の考え方として反映される予定である。このような検討は、耐久性と環境配慮性を両立させるためにも有効であり、今後も引き続き、設計の考え方や基準の合理化を進めていくことが求められている。また、仕上材の躯体保護効果を長期に保つためには、適切な保全を行うことが前提条件であり、既存建築物の保全体系の構築と確実な保全の実施が求められることは言うまでもない。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書 鉄筋コンクリート工事 JASS 5, 2018.7
- 2) 則竹慎也ほか：建築用外装仕上材の中性化抑制効果の評価方法および評価基準に関する研究 その1 建築用仕上塗材の二酸化炭素透過度試験, その2 促進耐候性試験後の建築用仕上塗材の二酸化炭素透過度, その3 促進中性化試験結果および二酸化炭素透過度との関係, その4 中性化抑制効果に関する評価基準の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp.184-192, 2021.9
- 3) 川村康晴ほか：迅速な建築用仕上塗材及び塗料の二酸化炭素透過性の評価方法, 日本建築学会技術報告集, 第19巻, 第43号, pp.825-830, 2013.10
- 4) 陣内浩ほか：仕上材によるコンクリートの中性化抑制効果に関する基礎的検討 その2 促進中性化試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp.543-544, 2011.9
- 5) 曾我裕希ほか：各種仕上材を施したコンクリートの10年間の暴露試験結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp.151-152, 2020.9
- 6) 長谷川拓哉ほか：モデル建物の11年屋外暴露試験結果に基づく表面仕上材の鉄筋腐食抑制効果に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, No.555, pp.37-43, 2002.5
- 7) 長谷川拓哉ほか：モデル建物の20年屋外暴露試験に基づく仕上材の劣化状況・中性化および鉄筋腐食抑制効果, 日本建築学会構造系論文集, No.733, pp.337-346, 2017.3
- 8) 長瀬公一ほか：躯体コンクリートの中性化抑制に寄与する各種仕上げ材の評価 その13 総括, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp.965-966, 2008.7

<プロフィール>

芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授
 専門分野：建築材料・施工(特にコンクリート工学)
 最近の研究テーマ：コンクリート構造物の耐久設計・品質管理の合理化
 既存建築物の調査・診断・補修・補強方法の開発・評価



当センター総合試験ユニット性能評価本部では「建築基準法等の法令に基づく性能評価・型式認定」及び「建設資材・技術の適合証明」を行っています。この性能評価事業を通じて建築物を構成する材料・構造方法等の性能を評価・証明することにより、安全性・快適性・環境貢献等の指標を付与してまいります。

そこで本号では「特集：安全性・快適性・環境貢献等の指標を付与する性能評価事業」として、性能評価事業に関係する先生との座談会や寄稿、事業のご説明など様々な角度からご紹介します。

座談会

平成に果たした木造技術と 令和に果たすべき木造技術

出席者 稲山正弘（東京大学大学院農学生命科学研究科 教授）

上山耕平（一般財団法人建材試験センター 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）

伊藤嘉則（一般財団法人建材試験センター 総合試験ユニット 性能評価本部 性能評定課 主幹）

司会 宮沢郁子（一般財団法人建材試験センター 経営企画部 企画調査課 課長 兼 経営戦略課 課長）

司会：司会を務めさせていただきます、経営企画部の宮沢です。本日の聞き手として建材試験センターから2名参加しております。

伊藤：性能評価本部の伊藤です。

上山：中央試験所構造グループの上山です。

稲山先生（以下、先生）：東京大学の稲山です。

司会：早速始めさせていただきます。今号では性能評価事業を対象として、「安全性・快適性・環境貢献度等の指標を付与する性能評価事業」という特集を企画しました。その中の安全性について木造分野の耐震性に着目し、設計者・研究者・規基準類の作成者・教育者といった立場をあわせもっていらっしゃる稲山先生に、「平成に果たした木造技術と令和に果たすべき木造技術」の観点でお話しいただきたいと思います。

では、テーマを3つ用意しておりますので（Ⅰ．木造住宅の耐震性能、Ⅱ．中規模木造建築の課題、Ⅲ．木造技術に関わる技術評価）、順番にお伺いします。

テーマⅠ：木造住宅の耐震性能



司会：1950年に建築基準法が制定され約70年が経過しました。その間、幾度とない大地震の被害経験をもとに建築基準法は改正されてきました。木造住宅の耐震設計に関しては、阪神淡路大震災後の2000年の改正が大きな転換期

といわれております。まず初めに、木造住宅の耐震性能について、お話しします。

I-1 2000年の法改正が果たした役割

伊藤：大きな転換期である2000年の改正では、主な特徴として壁量計算の考え方（4分割法、N値計算など）が挙げられるかと思います。約20年が経過した今、昔から変わっていないポイントやこの部分は今後も変えてはいけないというポイント、また、2000年改正時には盛り込めなかったポイントなど、先生のお考えをお伺いします。

先生：私は1995年の阪神淡路大震災の被害調査を行ったのですが、木造住宅が多数倒壊して6000人以上の方が亡くなられたという非常に悲惨な被害だったんです。以前から壁量計算などの規定があったものの、被害状況を見たところ当時はきちんと施工されていなかった建物がたくさんありました。その時の被害状況を取りまとめてみると、

- ・壁量が不足していた
- ・壁のバランスが悪い（商店街の店舗で道路に面した側に壁がない、など）
- ・接合部の緊結が不良（筋かいごと抜けて外れた、柱脚から隅柱が浮き上がって踏み外してしまいバラバラになった、など）
- ・水平構面が弱い（まだ板張りが多く、2階が下屋などでセットバックしているような場合で2階の壁線からうまく力が伝わらずに壊れてしまった、など）



- ・基礎が弱い（無筋コンクリートやコンクリートブロックを並べた上に土台が敷かれているものが多かった）
- ・躯体がぼろぼろの状態ですり減っていた（シロアリ、腐朽菌など）

こういったものが主な原因として挙げられました。

そのため、2000年の法改正ではその部分を強化することとしました。まずは、**壁量計算を守る**ことです。1981年新耐震基準の時に必要壁量は引き上げているので、そのうえで壁のバランスとして4分割法が導入されました。接合部に関しては、平12建告1460号（木造の継手及び仕口の構造方法定める案件）が出て、耐力壁の倍率に応じて足を金物で止めることになったのですが、それは当時の業界にとっては非常にインパクトのあるものでした。それまではホールダウン金物なんて使われていなかったのが、一棟の中で相当数を使用することになり、こんなに金物だらけにするのか？といった意見も挙がりました。ただ、これが一番効果的であったと個人的には思っています。木造は、接合部をきちんと緊結しないとバラバラになってくる。また、N値計算を行って柱頭や柱脚に金物を使用するようになったり、筋かいの端部もきちんと筋かい金物で留めることにもなりました。**接合部の緊結**という点で2000年法改正時に規定した告示1460号は耐震性の向上に果たした影響が一番大きかったんじゃないかと思っています。また、水平構面に関しては建築基準法ではなく品確法（住宅の品質確保の促進等に関する法律）の性能評価基準に**床倍率の規定**が設けられ、構造用合板などで強固にするという意識が出てきたかなというのがあります。あとは、基礎も2000年に仕様規定が設けられて、それまでは無筋（布基礎やベタ基礎など）でもよかったのですが、告示（建設省告示第1347号、建築物の基礎の構造方法及び構造計算の基準を定める件）で布基礎やベタ基礎の標準的な仕様規定に**鉄筋の配筋の基準を定める規定**が入って、それ以降に新築されるものは無筋がなくなった。そういう意味で言うと仕様規定が規制強化的になり、それによって耐震性がかなり上がりました。それまでの木造住宅は、地方の工務店だと壁量計算を聞いたことがないというところもあったのが1990年代でした。それが2000年の法改正によって今の仕様規定を守るという意識が出てきた。そのあと立て続けに新潟県中越地震のような震度6強から震度7クラスの地震が各地で起こったこともあり、一般社会の意識も変化し、耐震性に対する工務店の意識も変わってきた。一般に耐震性の境目というと、RC（鉄筋コンクリート）造などでは1981年6月の新耐震の以前から以降になっていますが、木造住宅に関しては2000年の法改正の以前から以降で格段に違います。そういったことから2000年の法改正が果たした木造住宅の耐震性向上への貢献というのは大きいと

思います。

今申し上げた仕様規定はどれも変えてはいけない、むしろ今までなかったことがマズイのです。あともう一つは、2000年の法改正の際には性能規定化がいわれ出したことで、仕様規定の中に但し書きが付きまして。例えば4分割法も、「偏心率の計算をして偏心率が0.3以下の場合はこの限りでない」などの性能規定であり、構造計算して性能が確認できればOKですよ、といった計算も選択が可能になりました。同じように、接合部の緊結の話も（N値計算や、N値計算に準拠した許容応力度計算など）、あります。ですので、単に仕様で縛っているのではなく、設計の自由度を損なわずに設計できるようにしたということで、2000年の法改正は非常に良くできた改正であるといえます。あとは、設計にもうちょっとフレキシビリティが持たせられれば、ぐらいいい話です。

改正に対して見直すべきところというのは、木造住宅に関して言うとそのほどないのですが、一番大きい話として、先送りした壁量計算の必要壁率（地震や風に対する）を以前のままにしてしまった点は見直すべきという気がします。

伊藤：もっと増やした方がよいということですか？

先生：重量計算の荷重拾いをして、その重量をもとにA_i分布を算定して、標準せん断力係数C₀=0.2とかで設計すると、現行基準の必要壁量よりもだいたい2割～3割ぐらいい多くなります。そういう意味で考えると、実際のところ現行基準の必要壁量は2～3割甘いことになります。逆に品確法の耐震等級の2や3は、壁量計算ベースではなくて重量計算に基づいたものからやっていますので、許容応力度計算で計算したものとほぼ同等の耐震性能を有する建物が作られています。つまり変えるべきポイントとしては、品確法の耐震等級3の1/1.5の壁率を、建築基準法の必要壁率として規定化すれば良いのではないのでしょうか。今の壁量計算の地震に対する必要壁率というのは、C₀=0.2で構造計算したものよりも足りていないので、変えるポイントはそこかなと思います。

伊藤：最初のお話で、もともと壁量が足りないところがN値計算などの一連の流れで仕様規定で厳格化することによって壁量も満足された、というようにお伺いしながら聞いておりましたが、仕様規定は安全側というイメージの中で、もしかすると必要壁量が足りていないというところは、ちょっとびっくりしたというか、知見がなかったのが驚きがあります。

先生：当時は、少なめに見積もっていても、垂れ壁などの、耐力壁としてカウントしていない雑壁がたくさんあるので、必要壁量が多少足りなくても建物全体として（実体として）の耐力は雑壁がプラスされるから大丈夫でしょう、という見方もあった。壁量計算ってそんな規定なんです。

上山：そこで2～3割の部分のカバーできる、というような



先生：ただ、それはおかしい話ですよ。というのは例えばRC造だと、いわゆるルート1の規定で必要となる耐震壁の壁量はルート2以上で計算すると壁量を減らせることもある。ですので、本当は仕様規定が一番厳しく、ちゃんと構造計算をすればもうちょっと緩和できるという風にしていくのが正しいと思います。木造は逆なんです、そこが。ですので木造の仕様規定である壁量計算は、今よりもっと必要壁率は引き上げて良いかと。住宅メーカーなどが作っている今の木造住宅は、耐震等級2や3が当たり前のようになっています。そう考えると、2000年改正当時に工務店が大騒ぎしてこんなに金物を付けるのかといった意見が出たときほどみんな困らないというか。そんなに大きな変革にはならず、今までどおりにやっけてもだいたい満たすよね、くらいの話に今やなっていると思うので、必要壁率はそろそろ引き上げた方が良くないかと思っています。

I-2 壁量計算での運用について

伊藤：2000年を機に我々建材試験センターのような指定性能評価機関でも大臣認定の代行という形で、住宅メーカーなどでは告示以外の耐力壁を開発できるようになりました。今現在7倍という上限もありますが、これは妥当な制度としてとらえていいのでしょうか？ 少し伺いづらい部分なんですけど、7倍以上の壁量計算もできたらもっと申請が増えるのではという期待があるのですが。

先生：先ほど言いましたように仕様規定による壁量計算の壁量は、 $C_0=0.2$ とかで構造計算したよりも今は少なめになっています。そこが構造計算と同等以上に引き上げられた必要壁率の数字になれば、壁量計算で7倍などの高い倍率の壁まで評価しても構わないんじゃないかな、と私は思うんです。ただ、今はまだそこに矛盾があるので、5倍を超えるものは基本的には許容応力度計算や構造計算をする方向でやらないといけないうんです。あともう一つは、

用途がだんだん住宅だけじゃなくて非住宅に広がっています。しかし、品確法の壁量計算の耐震等級2や3の数値は住宅の固定荷重と積載荷重に基づいて導いています。住宅の居室は積載荷重が一番小さいですよ。地震用だと1m²当たり約60kgなのでそれが別の用途になってくると、当然それでは足りなくなり、床の重量も増えていく。そうすると今の壁量計算は一律、2階建ての1階部分、重い屋根、くらいしか区別がないので、それをもうちょっと細かくする必要があります。例えば、床の固定荷重の重量別とか、積載の用途別みたいな形でランク分けして、それで必要壁率の表みたいなものを作らないと。多分、中大規模の非住宅の木造になってくると、今の品確法の住宅用の必要壁率では全然足りません。しかしながら、壁量計算的な形で非住宅系もある程度運用できるようにしたい、といった話が持ち上がっていると聞いたことがあります。なので、それをやるんだったら固定荷重や積算荷重の重量別に応じた表(地震の壁率表がもうちょっとボリュームが大きくなったようなもの)が必要な気がします。

I-3 『木造軸組工法住宅の許容応力度設計』などの手引書

伊藤：先ほど先生のお話で、計算法のフレキシビリティなどについても触れられていましたが、そういった中で、グレー本『木造軸組工法住宅の許容応力度設計』(企画発行(公財)日本住宅・木材技術センター)がいまバイブル本的になっています。グレー本も、先生がおっしゃられた中規模にも向けたものとして今後発展する可能性はありますか。

先生：そうですね。グレー本はタイトルが『木造軸組工法住宅の・・・』となっており、あれは昔の青本(『3階建て木造住宅の構造設計と防火設計の手引き』、(財)日本住宅・木材技術センター)の後継の本で、3階建てになると構造計算が必要になっていて、3階建て住宅をベースに作られている本という位置付けです。それを中大規模の非住宅系のもので展開しようとする、どう言ったらいいか……。設計法も、先ほど言いましたように今はわりと壁量計算的な考え方であるので、耐力壁1枚あたりの許容耐力というのは「壁倍率×1.96kN×長さ」で、あとは全部で何mあるか、いわゆる「壁量加算則モデル」と言っていますが、その層にある耐力壁の水平力の和でできています。ただ、それではやっぱり馴染まない構造(例えばラーメン構造など)もあるわけで、この先ラーメン構造と耐力壁を併用して使っていくといった話になると、いわゆるS造やRC造の構造設計でやっているような「フレーム解析モデル」を使って計算する必要があります。つまり、ラーメン部材は線材置換、耐力壁はブレース置換し、水平力を作用させたときに各部材や接合部に生じる軸力とせん



座談会の様子



断力とモーメントを算定して、その存在応力に対して部材や接合部がちゃんと安全かどうか分かる。こういったいわゆる汎用的なモデルに基づく設計をもうちょっと取り入れた形にしないと、壁量の延長のやり方だけでは、いろんな構造要素を取り込むには難しい部分があります。そういった形で中大規模用のグレー本に相当するものを拡張していく必要があるかなと思っています。

テーマII：中規模木造建築の課題



司会：木材利用を促進するための法律として2010年に「公共建築物等木材利用促進法」が施行され、2021年には「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」として改正されています。これらの法律を含めて中大規模建築物の木造化が遂行されています。二つ目のテーマとして、中大規模の木造建築の課題についてお話しいただければと思います。

II-1 横に広い中大規模の木造建築

上山：木造技術は、平成の挑戦の時代から、令和は発展の時代への移り変わりと思っています。中大規模の建築物の木造化が実現している中で、木造住宅を手がけてきた技術開発者や設計者に求めるもの、また、S（鉄骨）造やRC造の技術開発者や設計者に求めるもの、これらを含めてこれからの認定機関（確認申請機関、評価機関など）に求めるもの、そして、これからの学生さんに望むものなどについてお話しいただけると幸いです。

先生：中大規模木造といったとき、1つは横に広いものですね、階数は2、3階建て以下で横に広いというものです。とにかく柱を立てながらどんどん横に面積を広げていく、というものだと、特に難しいことはなくて、それまでの在来工法やツーバイフォー（2×4）工法の、いわゆる耐力壁形式の延長です。それから、少し大きい空間が必要というときは、倍率の高い壁が必要になるくらいです。それこそ7倍ぐらいまでの耐力壁を用意しておけば、2階建て以下の「こども園」とか「老人ホーム」とかそういった建物であればそんなに無理なく設計できるんです、在来工法とか2×4で。ですので、そういったものについては、これまで木造住宅を手がけてきて在来工法や2×4をやっている住宅メーカーや工務店のほうが、木の扱いにも慣れていて、普段扱っている住宅用のサプライチェーンの中で、材料をプレカット工場から入手したり、接合金物を金物メーカーから入手してそれで作るというやり方であれば、多分それが一番安いはずですよ。なおかつ一般流通材が使えるので地域材の利用といった話にも対応しやすいですね。

一同：なるほど。

先生：例えば地域の杉材をそのまま柱に使ったり、ちょっと径の大きい材を平角材として梁に使ったりとか、そんな形で地域材を活用するという事もできます。その地域で取れたものを地域の製材所で加工して、その地域に近いプレカット工場でプレカット加工して、その地域の工務店が建てる。それが一番輸送にエネルギーがかからずCO₂排出量を小さくできて環境に配慮できます。その地域の山で切った森林資源を有効利用して、中大規模木造の建築物に使うというのが、本来の公共建築物等木材利用促進法の理念が一番近い形かなと思っています。私はその方向でやるのが良いと思っていて、「中大規模木造プレカット技術協会」(PWA)を立ち上げて、なるべく一般流通材を使って地域の工務店と地域のプレカット屋さんが連携しながら在来工法の延長で中大規模の非住宅のものも作れるようにしていきましょう、という活動をしています。先ほども言いましたように、柱が立ってその上に一般流通材の6m以下の材をかけていくというやり方は普通の在来工法なのでこれはみんなできるんですけど、横に広い建物でスパンが飛ぶ、そうすると急にみんなできなくなるんですよ。例えば10mスパンの場合はやはり大断面集成材が必要だ、みたいな話ですね。そうすると今の一般流通材のサプライチェーンから外れて、地域材を大断面集成材工場へ、例えば県内になれば遠くの工場に持って行って、そこで作ったものを集成材工場の施工チームが施工して。大断面集成材工法だと、接合部もだいたい鋼板挿入ドリフトピンとか全部特注の金物になって、材料も特注で作らないといけなくなり、そういう流れでやると値段もコストも上がってしまい、それだったらS造やRC造で建てた方が安いということになってしまいます。それを解決するために、少なくとも、スパンが飛んでも屋根を支えるだけだったら一般流通材とプレカットでトラスを作れるじゃないか、という話ですね。木造校舎の構造設計標準（JIS A 3301）を日本建築学会の大規模木造小委員会が私を中心になって改正したんですけども、そのときに意識したのは、ある程度広い教室だとスパンが飛びますので、屋根を支えるトラスは一般流通材とプレカットを使って作れるような一般仕様にしてほしいということです。それでJIS A 3301ではJISトラスを作って、いわゆる住宅用のプレカット工場でも加工できるような形にしました。そして、そのトラスを使うためには技術者を育てないといけません。ですので、PWAで「トラス講習会」を行って、全国のプレカット工場の人や工務店の人に参加してもらい、工務店向けにはプレカット加工したものをどうやって組み立てるかといった話を中心に、プレカット工場の人にはこの加工はどうやるか、例えばこれは梁ラインのこのところを使うんだとか、この三角ホゾは5軸加工機のところでやれば加工できるんだなどを指導する。講習会を受けた人はPWAのホームページに



載せる。そうすると、講習を受けた人のところに設計者から発注される。一般流通材を使って在来工法の延長のやり方で作ることがそこに頼ればできる、となります。

一同：良い仕組みですね。

先生：そういうことを、JISトラスができてから推進しています。横に広くてスパンがちょっと大きくなった時どうするか、その辺の対応を、これまで木造住宅を手がけてきた工務店さんやプレカット屋さんができるようにしていく。あとは住宅の設計をやっている人たちがそこに頼めば良いという形です。

II-2 上に高い中高層の木造建築

先生：一方、上に高いもの、4階建て以上の中高層木造は、どちらかというゼネコン系のS造やRC造の人たちが中心になって開発が進んでいます。それこそ6階建て以上とかになってくると、住宅を主にやっている工務店さんではちょっと手が出せない。足場の仮設の考え方からクレーンの話、施工計画、あと、荷重も大きいので杭が必要だとか。いろいろなことを含めて、普段からS造で5、6階建ての事務所ビルやRC造で5、6階建てのマンションを造っているようなところじゃないと、実際には難しいんじゃないかというところがあります。それもあって、中層以上になってくると今はゼネコンが中心になって技術開発をしています。

もう一つは、防耐火です。これがハードルが高い。構造の実験ってそんなにお金がかかりませんが、防耐火は実験して認定を取ろうとすると一桁違うくらいお金がかかりますよね。

伊藤：開発にお金がかかるということですね。

上山：試験体を作るのにお金がかかったり、試験も1体じゃなくて複数体やらないと何時間耐火というのが取れなかったりというハードルがありますね。

伊藤：イメージ的には、構造の試験の方が断面を変えたりとかいろいろなバリエーションがあり、防耐火は仕様が決まればその試験だけをやっただけで認定を取って思っていました。そこに行き着くまでの開発に時間がかかるということでしょうか。

先生：防耐火でも、申請時に断面の範囲をもたせたりしますよね。何種類もの試験体を同じように試験してそれで大臣認定を取ることになると、とてもお金と時間がかかります。

上山：構造の試験と違って、ちょっと予備試験を、という訳にはいかないですね。構造の試験は金物メーカーでもできますが。

伊藤：防耐火に関しては、公的機関でなくても良いと言っても試験できる所があまりがないんですね。

先生：大手ゼネコン系じゃないと研究所内に耐火炉を持っ

ていないですね。結局、耐火がハードルになって、認定を取ろうとするのは大手ゼネコン系が中心になっている。この先のことで言うと、一般化できるものは、それこそ強化せつこうボード21mm 2枚貼りにすれば柱や梁、それから床、壁は一応1時間耐火でできるというのが告示に入りましたよね。それと同じように2時間耐火も、(一社)日本木造住宅産業協会などが取った仕様のもを告示に入れてもらって一般化して、わざわざ耐火の試験をしなくても使えるということになれば、大手ゼネコンじゃなくても手がかけられるようになる。防耐火のハードルをもう少し下げられるような何かを希望したい。構造に関しては、金物メーカーで予備試験をしてから、公的機関で本試験体を試験するというような流れができていないですか。できれば防耐火もそうなってくれば良いなということですね。それこそ小さい耐火炉ぐらいでいいと思います。

上山：例えばトライアル的な予備試験を格安でできるのであれば、もう少しやりやすくなるのでしょうか。

先生：例えば1m四方ぐらいの試験体を入れられるような、小さい耐火炉だといくらぐらいですかね？

上山：A社は小さめのサイズの炉を持ってたような気がします。

伊藤：大手ハウスメーカーですね。部分的な接合部だけ試験できるような炉を、構造でいう金物メーカー的な存在のところを持ってれば、ということですよ。

先生：そこに頼んで、まず予備試験を何回かやって、といった話で。

伊藤：どうすればそういう仕組みができるのでしょうか？

先生：例えば耐力壁にしても柱脚の接合部にしても、割と試験法・評価法がグレー本に入っているじゃないですか。それと同じように中大規模向けの防耐火用の試験法・評価法が標準化され、この試験をすれば柱についても取れますよというようなものを載せてほしいですね。

伊藤：そうですね。必ずしも実物(3mもの)を持ってこなくても、グレー本の接合部のように部分的に取り出したモデル化されたもので評価が可能になるようなものができるか、防耐火の研究者に投げかけてかけてみたい。そこに課題や未来があるということでしょうか。

先生：そこがブラックボックスになっていて、やってみないとわからないということなんですが、やってみると言っても自分たちでは試せなくて建材試験センターなどをお願いしないといけないのでそこで一旦止まってしまいます。ですので、先ほどの話のように、まず金物メーカーで予備試験をやってもらうといった、構造と同じような流れができるとだいぶ変わるのではないのでしょうか。今は、わからないと経験者の安井さん(桜設計集団代表/早稲田大学招聘研究員/NPO法人team Timberize 理事長)に聞こうとか、すぐそういう話になってしまいます。それこそ構造



も、もしこういった流れがなかったら私や大橋先生（東京都市大学名誉教授）にみんなが聞いてくるんでしょうね。先に予備試験ができないから、こういう仕様だったらいけそうかどうか本試験の前に聞きたいということはいっぱいあるんだろうなって思うんです。実験をたくさんやった人じゃないとわからないというような、今みたいなブラックボックスじゃなくて、気軽に自分たちで試しに実験をやってみるといふ流れができると、木造耐火の技術は一気に発展するんだろうなと思います。構造の分野で高耐力の中大規模木造が一気に進んだのは、試験法・評価法が標準化され、それに基づいていろいろな企業や人がいろいろな高耐力タイプのものを試せたことが大きいです。

伊藤：とても興味深いですね。標準化は、世の中に広めていくためには重要ですよ。

先生：まずそういう試験法・評価法を防耐火のほうも標準化してそれをオープンにする、なおかつそれができる民間の機関をたくさん増やすのがこれから必要だと思います。

伊藤：これからの学生は、構造と防耐火の知識を持ち合わせる必要があるのでしょうか。

先生：それぞれの専門は構造と防耐火で分かれていてもいいと思うんですが、今は防耐火の先生が少なすぎるので研究室が少ないんですよ。これは学生に望むというよりは大学に望むことなのですが、防耐火系の研究室をもっと増やしてほしいですね。そういう研究室が、まず小さい耐火炉を持って試験を標準化して試せるようになれば、ひょっとするとそれを経験した人たちが卒業して民間の機関に行って「防耐火試験なんてわからないですよ。耐火炉なんてこれぐらいのものだったらたぶん100万円程で買えますよ。」となって、その人が試験して。そういった流れが作れないかな、と思ったんですけどね。

上山：なかなか難しいんでしょうね。東京理科大学も評価機関になったほどですから、やっぱり評価できる機関がそれだけ少ないってことなんですよね。

伊藤：評価機関でも防耐火関係は、特定の先生が全機関に何かしら関わっているというような状況なので。

先生：そう、人が少ない。木の構造でいうと一時期、杉山先生（故杉山英男東京大学名誉教授）しかいなかったような時代と同様の話ですかね。とにかく令和の木造は中高層系のほうに発展していくので、構造と耐火の両輪で解決していかないといけないと思います。

構造については、いろいろと進んでいます。ルート3の構造特性係数 D_s の話なども、（一財）日本建築センターからいわゆる昔の「大断面マニュアル」の後継のものがだいぶまとまってきていて、そこにいくつか書かれることになると思います。それが出版されると、それに基づいてルート3の設計を行えるように D_s などが評価できるんじゃないかなと思っています。純木造であればできそうなんです



東京大学大学院 稲山教授

が、中高層になると混構造になってくるので、まだこれからかなというところですね。住友林業（株）が高さ350mの木造ビルを計画中ですが、どう考えても純木造では無理で、鉄骨とのハイブリッドじゃないとできないのではないかと思います。ハイブリッドで高層の木造建築を作るという話になると、 D_s の評価をどうするかなどいろいろありますが、そういったところはこれからです。

伊藤：ハイブリッドとは、木の中に鉄骨を組むのか、それとも下から途中までは鉄骨で上の方は木ということでしょうか。それとも両方含むのでしょうか。

先生：ひとつには、柱も梁も鉄骨と木の複合部材でできていて、日本集成材工業協同組合の1時間耐火の認定のように、中に鉄骨を仕込んで外側が木の、部材自体も鉄骨と木の複合部材というものです。木造で耐火をやるとなった時に今一番ネックになっているのは、せっかく木造なのに全部強化石膏ボードの2枚貼りとか3枚貼りでくるまれてしまって構造体が見えないじゃないかということですね。それでB社（構造設計）のように後で木を張ったりとか。ただB社の技術は特許を取っていますから一緒にやらないと使えない。C社（大手ゼネコン）の技術も、例えば他の準大手ゼネコンが使いたいと言ってもライバルだからそれは多分許されない。クローズドなものであれば木を現し（あらわし）にするというやり方があるんですが、告示などオープンな仕様において、耐火でも木を現しで使えるようにしていかないといけないと思うんです。

伊藤：先ほどの告示化と似ている点でしょうか。

先生：そうですね。ただ、そうした方法とは別のハイブリッドで一番可能性があると思っているのは、すでにいろいろところでやられていますが、鉛直荷重を支える部材が崩れなければ、水平力しか負担しないようなブレースなどは燃えちゃってもいいということです。例えば高知県自治会館新庁舎は、ブレースは木でできていて現しになっていますが、あれは、地震と火災が同時には来ないので耐震部



材が水平力しか負担しないものは木現しで良いという考え方は、CLTの耐力壁を鉄骨に組み込むというのは今では各社がやっていて、そうすると鉄骨の柱や梁は耐火被覆して、その柱や梁の内側にCLTを設置して、CLTの耐力壁そのものは鉛直荷重を負担しないからそのまま現しにして見せるというのが、この先主流になるんじゃないかと思っているんです。やっぱり、木造だと言いたいときに木の構造が見えていないのはちょっと、という思いがあって。そうすると、中高層用で使えるCLTが活躍することになると思います。低層系だとCLTを使わなくても、大手ハウスメーカーなどは普通に構造用合板張り耐力壁で壁倍率30倍といった耐力壁を作っているわけですが、中高層になるとそれこそ壁倍率50倍100倍みたいな耐力壁が必要になるので、そうすると全部無垢のマスティンパーでないと無理だな、というところ。それも、クローズドではなくてオープンで使えるようになると、みんなが使う。それこそ、これまであまり木造のことを知らずにS造をやってきた地方の中堅ゼネコンとかそういったところでも、今までのS造の中にCLTの耐力壁をこういうふうに使えばこれぐらいの許容耐力として読めますよというものが仕様規定で何か載ってれば、S造と木のハイブリッドの中高層が増えてくるんじゃないかな、と思います。

テーマⅢ：木造技術に関わる技術評価



司会：最後のテーマになりますが、木造分野に関わる技術評価について、自由討論も含めてお話いただければと思います。

Ⅲ-1 手掛けた建物とその"押し"ポイント

伊藤：自由討論ということでまずお伺いしたいのは、先生は設計者のお立場でもいらっしゃるんですが、先生が設計された建物の中でベスト3などがありましたら教えていただければと思います。

先生：何をってベスト3と言おうか迷いますね・・・。

伊藤：併せてお伺いしたかったのは、設計者とか我々評価機関とか、いろいろな木造に携わる人たちに、こういう点が参考になるよという言葉を含めて先生の技術が生かされた建物というものがあるんじゃないか、と思ったのですが。

先生：そうですね・・・そうですね・・・。

伊藤：例えば東京大学弥生講堂アネックスはシェルも含めてデザイン的にも素敵だと思うのですが、何か特徴ですか、設計のここが売りとか。

先生：そういう意味で言うと、木の使い方とか構造体の木を室内に現しにしてその構造のデザインがそのまま空間に生かされているという観点で気に入っているものは、

北沢建築の木材加工場です。(モニターに映して) これです。あとで写真提供する必要がありますね(笑)

一同：(モニターを見て) おおー。きれいですね。

先生：北沢建築は長野県の木造住宅をやられている工務店で、その工務店さんの加工場です。せっかく木造をやっているんで自分の加工場を木で作りたいというのがあって。スパンが18mあるんです。設計は、普段木造住宅を設計されている大阪の設計者の三澤文子さんがされました。三澤さんは普段から地場産の杉材をできるだけ使って住宅作りをされていて、ここでも長野県の地場産の杉を使ってそれで地場の工務店が作るというやり方です。先ほどの話のとおり、わざわざ外の地域に持って行って集材材にするといったことはしないで作れないかと相談されました。これは全て地場産の杉の製材でできていて、住宅用の一般流通材であり、しかも北沢建築さんが自分のところで全部加工も施工もやったという、いわゆる地産地消の一番の代表例です。しかも一般流通材は長さが限られていますから、それをできるだけうまく使って大スパンを飛ばすということで、柱から枝が出て枝から子枝、孫枝というように4m材をどんどん南京玉すだれのように伸ばしていくという、「樹状方杖架構」と言っていますけれど、その方式で4m材だけでスパン18mを飛ばしています。まさに普通に山から降ろして住宅用に切った4m材から作っていて、中大規模木造として地産地消の思想で出来上がって、しかも非常に美しい架構となっています。

伊藤：高級で美しくコストがかかっているように見えます。

先生：でも、コストはそんなにかかっていないんです。しかも接合部も普通の在来工法の方法です。傾ぎ大入れ+ビス止めとか、横の細い材も全部、普通に大入れにしてビスで止めているだけとか。特殊な金物も使っていません。そういう意味で言うと、私の構造設計思想が一番活かされた建物かなというふうに思います。もう一つ嬉しいのは、乃木坂46の楽曲「シンクロシティ」のミュージックビデオで使われました。

一同：おお！

伊藤：印象的で見た目も美しい建物ですね。

先生：その舞台に使われたということも、非常に設計者として嬉しいですね。

伊藤：専門家だけでなく普通の方が見てカッコいいって思うということでしょうね。これだけの設計ができる稲山先生だからこそ話が来たんですね。普通の工務店の方がこういう構造設計をできるかなというのはありますね、地場産の材を供給することはできますが。

先生：一番自分が気に入っているという、やっぱりこれかな。(ベストという)ととりあえずこれだけでいいです。



Ⅲ-2 今後の評価制度について

伊藤：ちなみに、こういう建物は普通の確認申請だけでしょいか。

先生：確認申請だけでやっています。規模も500㎡弱なので4号建築物なんです。ですので、周りの合板耐力壁で必要壁量を満たしています。ただ当然トラスの応力計算などはちゃんとやっているんですけど、申請上は4号なので確認申請の手間はかかっていない。私は、本来は設計者が責任をもってちゃんと安全性の計算をしてさえいれば良いと思っています。確認検査機関は、何かあったとしても責任は取ってはくれないですよ。だったら、一級建築士を与えているんですし、特に構造設計一級建築士制度も作っていて（私も構造設計一級建築士ですが）、この構造一級建築士がやったとってハンコを押して構造計算書をちゃんと残している建物であればそれはもう本人が責任を取るべきだと思いますので、確認申請についても、設計者の判断で安全性が確認されたのであればせいぜいチェックリストを作ってこういうところの安全性をチェックしますというリストを出すだけ、といったぐらいでいい気がします。

伊藤：そうすると、なんだか我々のような評価機関には耳が痛いという気がしますね。

先生：ただ、設計者がちゃんと自分で実験してみないと評価できないようなものを考えたときには、それは積極的に設計者側から、先ほど言ったようにまず金物メーカーで予備試験をしてから本試験を建材試験センターのような評価機関に持ち込んで評価してもらおう。そして、評価したものの写しさえ添付されていれば評定を取らなくていいよ、っ

ていう考えです。

伊藤：そういう利点は、ちょうどお伺いしたいと思っていました。稲山先生には、2021年5月に当方の新規事業である任意の評価制度「木造軸組工法などに関わる構造性能の技術評価」の委員長を引き受けていただいて、今後進もうとしています。そういった評価制度などを工務店さんや設計者も含めて活用いただければ我々も社会に貢献できるかなと思っております。先生の今のお話で、そういった意味で我々が果たせる役割は何でしょうか。

先生：これも先ほど言ったとおりでして、確認検査機関がちゃんと細かく見ないといけなけれど判断できない部分が多くあって、それで確認検査機関が判断できないから任意評定を取ってくるよという話になるので、必要なんですよ。任意評定を取ってくるよに言わなくてもいいよな世の中になってくれたらそれが本来だと思っていたので。逆に、任意評定をとったもの、つまり専門家がちゃんと安全性の判断をして良いと言って評価書が出てくるというものについては、評価されたものが新しい工法だったりした場合、それによってその後スムーズに確認申請がとれるようになると、世の中に広まるという役割を果たしてくれるだろうと思います。ちょっと特殊だったり新しい技術革新的な工法があった時には、ぜひこの制度を活用して専門家によって評価して、その評価書を確認申請時に添付してどんどん使ってもらおう。そうすると、より新しい技術の自由度が広がるかなと思っています。

伊藤：いろいろ貴重なお話を伺う機会をいただき、ありがとうございました。

司会：本日はありがとうございました。



北沢建築の木材加工場

寄稿

真の性能と性能評価試験

東京理科大学 理工学研究科 国際火災科学専攻 教授

河野 守



1.はじめに

現代社会において、試験というものを経験せずに生き抜くことはおよそできないことであろう。筆者の過去を振り返ってみると、記憶にある中で最初に受けたと思われるのは小学校時代の知能指数テストではないかと思う。以来、中学校からは中間・期末試験・実力試験、高校・大学・大学院の入学試験、英語コミュニケーション能力試験のTOEIC、運転免許試験など種々の試験を受けてきた。余談だが、二十数年前、米国ミシガン州に滞在中に受けた運転免許筆記試験では、日本人コミュニティで出回っていた問題コピーと同一の問題が出題され驚いた。一方で、路上実務試験の運転中に「ここでブレーキが利かなくなったらどう行動するか」を答えさせられた。もちろん現地の試験官なので英語でのやりとりとで、結構、緊張した。今や試験を受ける側となることはほぼなくなり、もっぱら試験を出題する側となっている。緊張感という意味では、出題する側の方が大きいことに今は気づくが、もっぱら受験者の立場にある若き頃にはそんなことは考えもしなかった。

試験というものはすべからず、何らかの能力を測るために行われている。ただし、能力の測り方や結果の表示方法には、(タイプA)能力の絶対値を測りその値を結果として表すもの、(タイプB)能力が基準を満たすかどうかを合否で表すもの、(タイプC)母集団の中での能力の相対的な位置づけを測り数値化またはグループ分けして表すもの、など種々のタイプがある。TOEICはタイプA、知能指数テストはタイプCであろう。そして、防耐火構造等の性能評価試験は、典型的なタイプBの試験といえる。なんらかの基準があり、試験結果がその基準を満たせば合格、満たせなければ不合格である。

2.性能を測ることは容易か

性能評価試験において、性能を測ることは容易であろうか。この答えはイエスでもあり、ノーでもある。

ある1つの試験体の能力が基準を満たすかどうかを性能というのであれば、それを測ることは容易である。耐火試験して、たわみや裏面温度等を計測して基準値と照らし合わせれば自ずと明確な結果が出る。しかしながら、設計で

想定する仕様の能力が基準を満たすかどうかを性能というのであれば、それを測ることは容易ではない。真の性能とは、まさにこの測ることが容易ではない性能と考えている。

3.性能のばらつきとその分布

ここでは、分かり易さのために、防耐火構造に限定して性能の特徴を考えることとする。

防耐火構造には、過去の多数の実験や火災被害経験等により一定の防耐火性能があるものとして国土交通大臣が定めた構造と、性能評価試験を含めた性能評価結果を基に大臣が認定した構造とがある。実務では、前者を例示仕様、後者を認定仕様と表現されることが一般的なので、本稿でもこの表現を使う。

例示仕様について考えると、例えば準耐火構造であれば平成12年建設省告示第1358号において、主要構造部ごとに仕様の主要事項が定められている。しかし、実際の建築物を作る場合には、同じ名称の材料にも特性値のばらつきがあり、しかも告示では施工方法の詳細は定められていないため、施工者の能力差などにより大きなばらつきが生じる。このような状況を考慮して、必要な火災安全性を担保するためには、性能の要求値を図1のような概念図で規定せざるを得ない。つまり、実際に施工された構造には大きなばらつきが想定されるため、性能の分布はなだらかな広がりをもつ。この分布に対して、実現される性能が要求値を下回ってしまう可能性(確率)、つまり図1の分布の裾野の左側のハッチ部分の面積はゼロにはできなが、一定程度小さくする必要がある。想定される平均値は要求値より右に大きな距離の位置に来るように、分布を制御して規定していると考えて良いであろう。もちろん、これを定量的に実現するほどデータの蓄積があるわけではないので、あくまでも概念的なものだと考えて欲しい。

次に、認定仕様について同様に考えてみよう。こちらの性能分布のイメージを図2に示す。建材開発者が限定され、一定以上の技術力を持つことが期待できること、また施工方法の詳細についても認定取得者が定めていること等の好条件に恵まれ、性能のばらつきは例示仕様と比べて小さくできる。この結果、タイプB型の性能評価試験に合格した試験体と同等の厳密な管理により実際にも施工すれば、要

求値と平均値の距離を例示仕様に比べて小さくしても、実現される性能が要求値を下回ってしまう可能性を、**図1**と同等にすることができる。もちろん平均値を小さくすることにより、一般的にはコストが低下するため、他者との競争力の点でも優位になる。民間企業である限り、競争力の高い商品を希求するのはごく自然の行動であり、**図2**に示す分布を求めることを、単に要求値-平均値間の距離が小さいことをもって余裕が無いと非難するのは妥当とは言えない。

4. 認定仕様の性能に関する懸念

前述の通り、認定仕様をその性能評価試験の試験体と同等の厳密な管理のもと施工することが完全に可能であれば、大きな問題はなかろう。しかしながら、現実には以下のような懸念があるのではないかな。

第一に、性能評価試験に供した試験体の全てに関して性能評価書で表現することは現実的には不可能であることである。そのため、開発に携わった者でしか理解していないノウハウ的な部分がどうしても存在する。この部分を実施工でも試験体と同様に再現すれば性能の分布に大きな変化を生むことにはならないであろうが、再現できなければ多少なりとも平均値は小さめに推移すると考えられる。

第二に、認定仕様の開発者が必ずしも施工者にならない点である。このとき、施工者は性能評価書の別添図書および認定仕様の開発者が製作した施工マニュアル等に準じて、実物件では施工することになる。ややもすれば、性能評価試験に供した試験体に比べて厳密さや慎重さを欠いた施工方法となってしまうがちであろう。その結果として、性能が上がることもあれば、性能が下がることもある。上がることも下がることも同程度で起こるものと楽観的に想定しても、性能の分布は**図3**に示すものとなる。つまり、平均値は**図2**と同じであるものの、分布の幅が広くなることに伴い、実現される性能が要求値を下回ってしまう可能性が**図1**や**図2**に比べて大きくなり、防耐火上は許容できないこととなる。

5. 何が真の性能と考えるべきなのか

賢明な読者は既にお気づきのことであろうが、性能評価試験に合格することだけでは、防耐火上の要求性能を満たすことを意味しない。規制=社会的に求めているものは、実際に施工される建築物の防火性能が、要求値を下回る可能性を一定の確率以下にすることである。この性能の分布そのものが真の性能と考えなければならない。認定仕様について、真の性能を実現するためには、性能評価書に表現された全てを実施工に確実に反映することは必要条件であり、それに加えて、性能評価書には表現しきれない、しかしながら開発に携わった者がもつノウハウを試験体製作と

同程度の厳密さ、慎重さで実施工にも反映させることが十分条件となる。

認定仕様を取得してしまうと、必要条件を満たせばよいと大臣にお墨付きをもらったと言わんばかりの企業活動をしているという類の話を全く耳にしなわけではないが、やはり、技術者倫理、企業の社会的役割に照らして、十分条件が確実に満たされるような取り組みを期待したい。

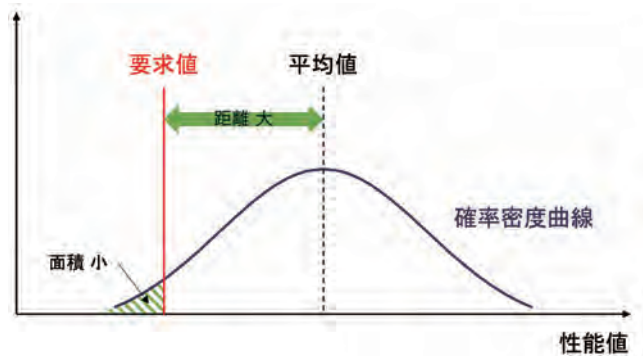


図1 例示仕様の性能分布のイメージ

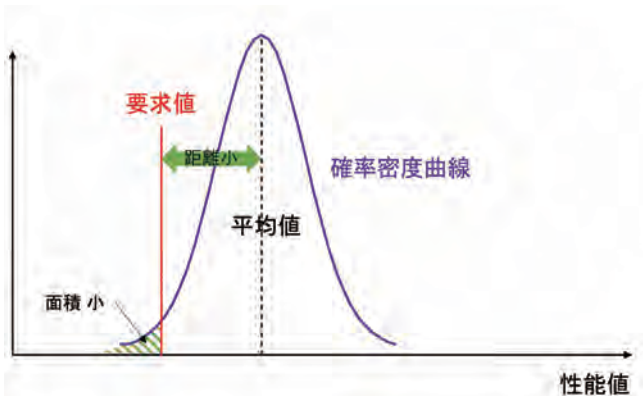


図2 認定仕様の性能分布のイメージ(試験体同等施工の場合)

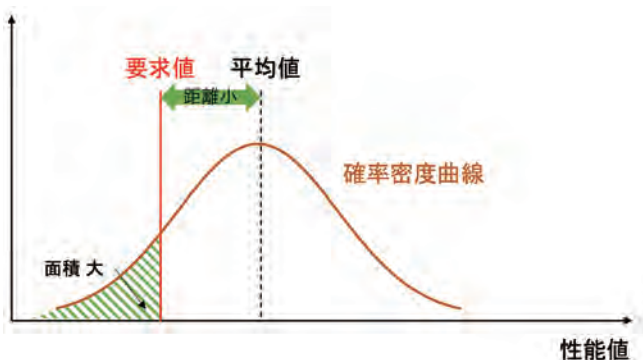


図3 認定仕様の性能分布のイメージ(ありがちな施工の場合)

<プロフィール>
東京理科大学 理工学研究科 国際火災科学専攻 教授
専門分野：建築防火・構造耐火
最近の研究テーマ：有孔H形鋼梁の火災時挙動に関する実験および解析的研究など

防耐火性能評価試験に供する試験機の紹介

1.はじめに

当センター中央試験所では、本誌の2021年7・8月号において紹介しているように第二期施設機器整備事業として、新しい防耐火試験棟の建設に着手しています。新試験棟については2021年度中に建屋が完成する予定です。2022年度から順次、「耐火試験炉」及び「脱煙脱臭炉」を設置していき、2023年度から竣工予定ですが、顧客ニーズ、事業需要の動向等を踏まえて当面の期間、現有の「耐火試験炉」を併用する予定です。

本稿では、現有の防耐火性能評価試験に供する試験機として、中央試験所並びに西日本試験所の「耐火試験炉」を中心に紹介させていただきます。

2.中央試験所の耐火試験炉

中央試験所は、埼玉県草加市に位置し、我が国で最大規模の6基の耐火試験炉を現有しています。近郊には、本稿でも紹介している4社の試験体製作メーカーがあり、試験体製作を含め高い試験能力を有しています。

2.1 大壁炉 (写真1)

大壁炉は、壁、軒裏、防火設備等の試験に用いる耐火試験炉です。壁の試験では、柱（荷重支持部材）を内包する耐力壁について荷重加熱試験が可能です。大壁炉の基本仕様は、表1のとおりです。

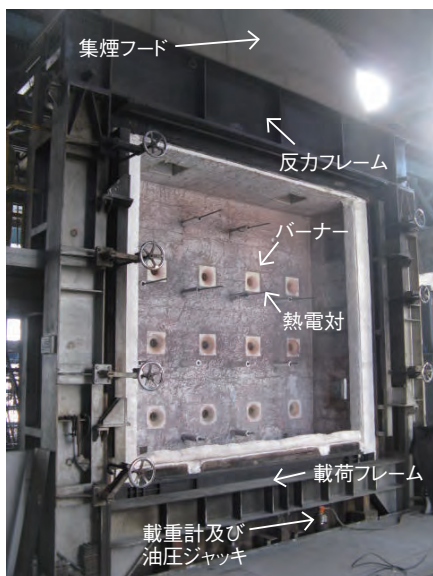


写真1 大壁炉

表1 大壁炉の基本仕様

仕様	試験体寸法 (単位 mm)	加熱開口 (単位 mm)
非荷重	W2100 × H2850	W1870 × H2600
	W3200 × H3600	W3050 × H3400
	W3800 × H3600	W3500 × H3400
荷重*	W3000 × H3200	W3050 × H3000

※最大荷重能力は、800kN

2.2 遮煙炉 (写真2)

遮煙炉は、壁（非耐力）、軒裏、防火区画となる壁を貫通する配管類等の措置工法（以下、“区画貫通”という）、防火設備等の試験に用いる耐火試験炉です。現有する耐火試験炉の中で、最も試験体の高さ寸法を大きくとることが可能です。遮煙炉の基本仕様は、表2のとおりです。

表2 遮煙炉の基本仕様

仕様	試験体寸法 (単位 mm)	加熱開口 (単位 mm)
非荷重	W2100 × H2850	W1870 × H2600
	W3200 × H3600	W3050 × H3400
	W3200 × H2450*	
	W3200 × H3850	W3050 × H3650

※区画貫通の試験体の場合



写真2 遮煙炉

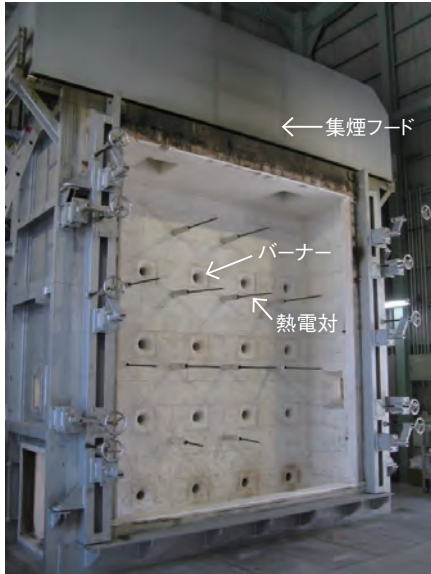


写真3 新壁炉

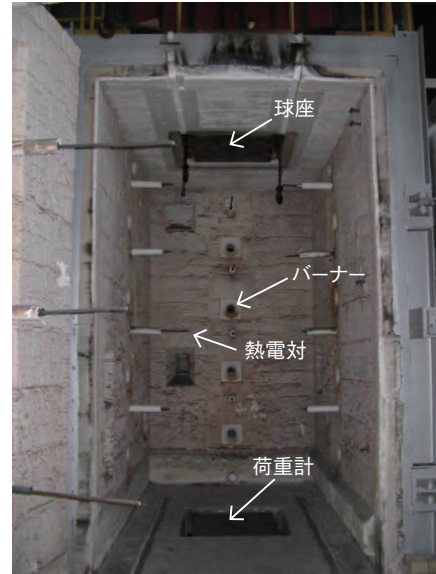


写真4 四面炉

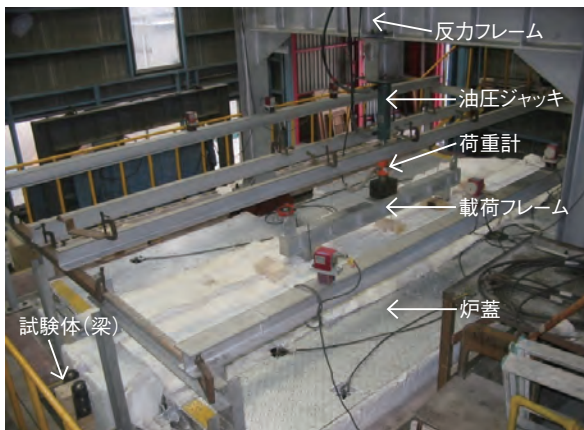


写真5 大梁炉

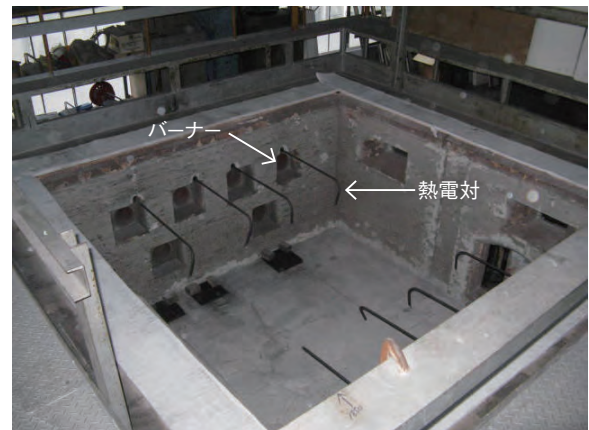


写真6 水平炉

2.3 新壁炉 (写真3)

新壁炉は、遮煙炉と同じ用途に用いる耐火試験炉です。現有する耐火試験炉の中では、2013年建設と最も新しく、脱煙脱臭炉が単独で併設されています。そのため、他耐火試験炉の稼働等に影響を受けることなく試験の実施が可能です。新壁炉の基本仕様は、表3のとおりです。

表3 新壁炉の基本仕様

仕様	試験体寸法 (単位 mm)	加熱開口 (単位 mm)
非载荷	W2100 × H2850	W1870 × H2600
	W3200 × H3600	W3050 × H3400
	W3200 × H2450*	
	W3800 × H3600	W3500 × H3400

*区画貫通の試験体の場合

2.4 四面炉 (写真4)

四面炉は、開閉面にもバーナーが設置されており、四方からの加熱が可能な耐火試験炉です。主に柱の試験に用い

ます。加力装置(油圧ジャッキ・荷重計(5MN又は350kN))を備えており、载荷加熱試験が可能です。

2.5 大梁炉 (写真5)

大梁炉は、主に水平部材(梁、床、屋根等)の試験に用いる耐火試験炉です。耐火試験炉の上に試験体を設置して下から加熱、若しくは試験体を炉内に落とし込み炉蓋等で塞いで加熱を行います。

また、油圧ジャッキを取り付けた反力フレームを設置することで梁、床等について载荷加熱試験が可能です。最大载荷能力は、300kNです。

2.6 水平炉 (写真6)

水平炉は、大梁炉と同様の使い方ですが、反力フレームを設置出来ないため非载荷若しくは錘を用いた载荷加熱試験を行う耐火試験炉となります。床の区画貫通、錘で载荷を行う屋根、床等の試験に用いられます。正方形に近い開口形状を活かして、階段や免震材料、断面の大きい柱等の拡大検証試験にも用いられています。



写真7 壁炉



写真8 水平炉

3.西日本試験所の耐火試験炉

西日本試験所は、山口県山陽小野田市に位置し、中四国・九州地方で唯一の防耐火性能評価試験が行える試験所となります。

3.1 壁炉 (写真7)

壁炉は、中央試験所の大壁炉と同様の使い方になります。壁炉の基本仕様は、表4のとおりです。また、小型マスクパネルを用いた小型試験体（試験体寸法：WH1150mm、加熱開口WH1000mm）の加熱も可能となっています。

表4 壁炉の基本仕様(単位mm)

仕様	試験体寸法(単位mm)	加熱開口(単位mm)
非載荷	W2100 × H2850	W1850 × H2650
	W3250 × H3200	W3050 × H3000
	W3250 × H2450※1	
載荷※2	W3000 × H3200	W3000 × H3000

※1 区画貫通の試験体の場合 ※2 最大載荷能力は、400kN

3.2 水平炉 (写真8)

水平炉は、中央試験所の水平炉及び大梁炉と同様の使い方になります。床の区画貫通又は非載荷試験、錘で載荷を行う屋根・床等の試験が可能です。反力フレームを設置して梁、床の載荷試験（最大載荷能力は、300kN）も実施できます。また、底部台車を活用した耐火金庫の試験も可能です。

4.防火材料試験装置

防火材料については、中央試験所にはコーンカロリメータ試験装置(写真9)及びガス有害性試験装置を各1基、西日本試験所はコーンカロリメータ試験装置を1基有しております。また、中央試験所にはポンプ試験装置も備え



写真9 コーンカロリメータ試験装置

ており各種比較試験が可能となっています。

5.おわりに

本稿では当センターが現有する防耐火性能評価試験に供する試験装置を紹介させていただきましたが、今後新防火棟に新設する耐火炉を順次紹介させていただきます。

防耐火性能評価試験に関するお問い合わせ、ご質問等がございましたら下記のお問い合わせ先に気軽にご連絡してください。

author



福田俊之

総合試験ユニット
性能評価本部 性能評定課
課長

【お問い合わせ先】

性能評価本部 性能評定課 TEL：048-935-9001
中央試験所 防耐火グループ TEL：048-935-1995
西日本試験所 試験課 TEL：0836-72-1223



性能評価の変遷

1.はじめに

一般財団法人建材試験センター（以下：当センター）は、おかげさまで来年（2023年）8月に創立60周年という節目の年を迎えることになりました。その間、建築分野における各業界から温かいご支援とご協力を賜り、第三者試験機関・評価・認証機関として発展、貢献することができました。創立当初から当センターが理念としている、公正・公平で技術力があり、信頼性の高い各種試験業務と共に、性能評価業務は、現在における当センターの主力業務の一つとして位置づけられています。

その性能評価事業について、過去からの変遷も含め、図1の年表に沿って少し掘り下げていきたいと思えます。

2.性能評価の変遷

2.1 建築基準法改正

性能評価は、2000年（平成12年）に行われた建築基準法の改正により、大きく変化することとなりました。

内容としては大きく分けて、以下の3つの項目となります。

- ・仕様規定（特定の構法や材料の仕様を規定）から性能規定（建築物、構造又は材料が備えなければならない性能の基準化）への変更
- ・建築物、構造又は材料の性能を国土交通大臣に代わりに評価する機関（指定性能評価機関）の発足
- ・業界団体認定（通則認定）の廃止。ただし、法改正前の認定については企業、団体等からの申請により、改正建築基準法に基づいた認定の交付（移行認定）

2000年の法改正以前の大臣認定制度では、試験業務は当センターを含む試験機関が行い、その結果を用いて一般財団法人日本建築センターが評価業務を行い、大臣に認定を申請するという、3段階のステップを踏む必要がありました。いわゆる各機関による分業制のスタイルで、申請者にとっては非常に手間と時間がかかるシステムとなっていました。

当センターは、2000年6月に国土交通大臣から「指定性能評価機関」の指定を受け、建築基準法に基づく性能評価を行う第三者指定評価機関の一つとして業務を執り行うこととなりました。

これにより、2000年6月以降は、試験業務と評価業務を同一の機関で実施することができる体制へと変更され、また、当センターが大臣申請手続きを代行することにより、ワンストップで大臣認定を取得することができるようになりました。申請者にとっての利便性が大幅に向上し、代行手続きに関しては、ほとんどの申請者からご利用いただいている状況となっています。

また、性能評価業務をスタートするにあたり、性能評価事業を統括する部署として「性能評価本部」が設置され、現在へと至ります。

性能評価業務立ち上げ当初は、これまで日本建築センターが行っていたような評価業務の経験はなく、全てが手探りの状態から始めることとなり、かなり苦労し、また、試行錯誤を行いながら進めていったことが伺い知れます。

そして、指定評価機関としての指定取得から4ヶ月経った2000年11月に、ようやく当センターでの記念すべき性

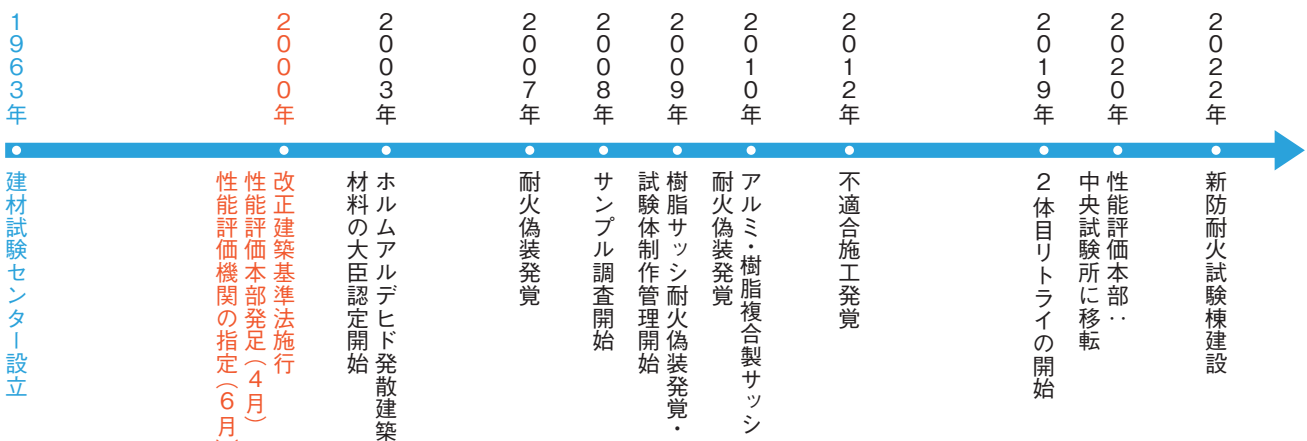


図1 性能評価書発行件数

能評価書第一号が発行されました。

図2に各年の当センターの性能評価発行件数を示します。評価書発行第1号から3年後の2003年には、早くも総発行件数が1,000件を超えました。10年後の2010年には5,000件を超え、2020年末までには11,000件を超える件数となっています。

2.2 ホルムアルデヒド発散建築材料の大臣認定制度開始

2003年(平成15年)、建築基準法が改正され、居室のシックハウス症候群対策のため、ホルムアルデヒドを発散する建築材料に対し、その発散量に応じた制限がかけられることになりました。ホルムアルデヒドの大臣認定制度が開始されることにより、2003年の大臣認定申請が大幅に増加し、その年の認定取得数もそれに合わせて増加していることが図2より読み取ることができます。

2.3 耐火偽装発覚

2007年(平成19年)、大臣認定に関わる防耐火性能評価試験で、不正に認定を取得していたことが相次いで発覚しました。試験体自体を燃えにくくするなどして性能基準を満たし、不正に試験に合格させていたため、大臣認定の取り消しが行われました。

この問題の発生以降、性能評価はより一層の厳格化を伴うこととなり、新たな変革が始まることとなります。

2.4 サンプル調査開始

2007年(平成19年)に発覚した性能評価不正受検を受け、大臣認定を取得している全ての企業においてヒアリングが行われ、認定仕様を拡大解釈し運用している認定取得者が多くいることが発覚しました。そのため、2008年(平成20年)より、大臣認定を取得している全ての防耐火構造・材料等の中から、抜き取りによるサンプル試験を実施し、性能の有無を確かめることとなりました。

また、サンプル調査が始まったことにより、過去に認定を取得した仕様に対し、現在の仕様との整合性を確保するよう、既認定品の認定書を見直す流れが出てくるようになりました。これに対しては、試験を要しない性能評価で認定書の内容を整備し直す申請が多く見られるようになり、この年の申請件数は前年に比べ40%以上増加しています。なお、サンプル調査については、現在も継続して行われています。

2.5 樹脂製窓の耐火偽装発覚・試験体製作管理開始

2009年(平成21年)には、樹脂サッシ(防火設備)での不正受検が発覚しました。試験で有利になるように申請仕様と異なる試験体で受検していたため、大臣認定の取り消しが行われました。

そのため、国土交通省の社会資本整備審議会建築分科会基本制度部会によって、「防耐火認定の不適切事案、再発防止策」について取りまとめられ、試験体製作時における指定性能評価機関による監視強化、試験体製作の厳格化に

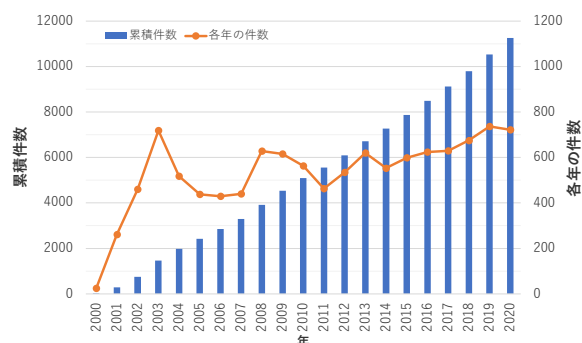


図2 性能評価書発行件数

いたりしました。

これにより、当センターでも試験体製作管理業務が開始されることになり、当センターの監視員が立ち会いのもと、当センターと契約した試験体製作メーカーで試験体を製作する形になりました。

申請図書中の試験体仕様と試験体の構成材料が整合していることを申請者と監視員が互いに確認しながら試験体を作成することにより、不正受検を監視するだけでなく、申請図書の記載ミス未然に防ぐことができるといった、副次的なメリットも得ることができました。

2.6 アルミ樹脂複合製窓の認定仕様違い発覚

2010年(平成22年)には、サンプル調査により、通則認定より移行したアルミ・樹脂複合製サッシの認定品が、性能基準を満たしていないことが発覚しました。

防火設備においても発生した耐火偽装や仕様違いにより、その後、アルミサッシ、樹脂サッシ共に通則認定から個別認定へと移行することになり、防火設備の申請件数が大幅に上昇していくこととなります。

2.7 不適合施工発覚

2012年(平成24年)、壁の防火大臣認定品で不適合施工が多数発覚しました。そのため、改修仕様の認定を取得することで対応することとなりました。

2.8 2体目リトライ開始

2019年(令和元年)、防火設備の性能評価試験において、1体目の試験が不合格となってしまった場合、2体目の試験体に対し、不合格となった原因を改善する適切な処置を施すことにより、新たな性能評価試験用の1体目として活用することができる2体目リトライ制度を開始しました。これにより、2体目の試験体を有効に活用できるようになり、試験の利便性、効率化を図ることが可能となりました。リトライを行うには条件、注意事項等ありますので、詳しくは性能評価本部までお問い合わせ下さい。

2.9 性能評価本部の中央試験所移転

2020年(令和2年)5月、当センターの組織改変により、総合試験ユニットとして試験所と性能評価本部が一元化さ



れ、性能評価本部は中央試験所で業務を行うこととなりました。

過去、性能評価本部は茅場町、草加、日本橋と、時代とともにオフィスを移転してきましたが、2020年5月より埼玉県草加市の中央試験所の事務所内での業務となり、試験所と今まで以上の連携を図ることができるようになりました。

これにより、試験と評価が一体化した現在の性能評価試験のメリットを十分に活かせる、理想的な環境が整った形となります。

試験結果の確認、リトライ時の内容確認、情報の受け渡し等、試験所とスムーズな手続きが可能となったほか、試験立ち会い時の待ち時間または、試験終了後の空き時間に合わせ、試験所の担当者だけでなく、性能評価本部の担当者も同席して打ち合わせが可能となりました。ぜひ有効にご活用下さい。

2.10 新防耐火試験棟建設

2021年(令和3年)より第二期整備計画として、中央試験所に新たな防耐火試験棟を整備しています(図3)。現在の防耐火試験棟は老朽化が進み、古い炉は50年以上改修・補修を繰り返しながら使用している状況となっています。また、時代の変化により、有機系化合物を多用する仕様も大幅に増え、排煙処理能力の不足にも悩まされるようになってきました。

新たに建設する新防耐火試験棟は、壁炉3機、柱炉1機、梁炉1機、水平炉1機の他、飛び火試験等に使える多目的スペースの設置を予定しています。今まで以上の試験炉の性能を確保しつつ、周囲の作業スペースを拡大し、排煙処理能力も大幅に向上させるといった、さらなる試験の効率化が図れる内容で整備を行う予定となっています。

また、同一建屋内に控え室も設置し、申請者の試験立ち会い時の利便性も向上させています。

2022年度中には新防耐火試験棟の建屋の整備が終わり、その後、順次試験炉の整備を進めていきます。試験炉は2023年度からの本格稼働を目指しています。

旧防耐火試験棟もしばらくは同時運用が可能となりますので、ご依頼いただいている耐火試験の早期消化や、待ち時間の減少等に対応していく予定です。ぜひ、ご期待下さい。

3.おわりに

以上、当センターにおける性能評価の変遷をまとめてきました。

前述しましたとおり、おかげさまで、当センターでの性能評価発行総件数は11,000件を超え、来年度には12,000件を超えることが予想されます。大きな出来事があった年に多少の上下はありますが、発行件数は、概ね右肩上がりです。これもひとえに、当センターの公正・公平で、信頼性の高い試験・性能評価業務を、申請者



図3 新防耐火試験棟

に高く評価していただいていると、大いに感じているところであります。これにおごることなく、性能評価を行う第三者指定評価機関の一つとして、今後も業務に励んでいきたいと思っております。

なお、時代とともに性能評価の考え方やルールも変化してきますので、最新の情報を迅速にお届けできるよう、性能評価本部では毎年、性能評価セミナーを実施しております。

また、本年度からYouTubeを活用し、性能評価試験の項目ごとに説明動画をアップしています。申請の仕方や、試験体選定の方法、現在のトピックス等、内容は今後も更に充実させていく予定となっています。詳しくは下記QRコードからぜひご覧ください。

性能評価本部では、新防耐火棟建設で効率化を図る防火グループや西日本試験所と今まで以上の連携をとり、申請者からのニーズを更に細かく、また、時代の変革に柔軟に対応できるような体制づくりを目指してまいります。

性能評価に関するお問い合わせは、性能評価本部までよろしくお願いたします。

公式 YouTube チャンネル

「大臣認定における性能評価」はこちら



author



志村孝一

総合試験ユニット 性能評価本部 性能評定課
主査

<従事する業務>
性能評価(防火設備等)

【お問い合わせ先】

性能評価本部 性能評定課

TEL : 048-935-9001 FAX : 048-931-8324

防耐火性能評価にかかわる 試験体製作メーカーの紹介

1.はじめに

性能評価本部は2000年の建築基準法改正を機に創設しました。以後、主要業務の一つとして建築基準法に基づく「構造方法等の認定」に必要な「性能評価試験」を当センターが制定した「防耐火性能試験・評価業務方法書」に従い試験及び評価を実施しております。

評価試験に供する試験体は2008年社会資本整備審議会の建築分科会で「防耐火認定の不適切事案、再発防止策」が提示され、翌2009年より試験体を製作する企業（以下、試験体製作メーカー）5社と契約し試験体製作・管理に関する業務を開始し現在に至ります。

防耐火性能評価試験において防火性能や安全性を適切に判断するうえで申請図書のとおり製作した試験体を当センターに供する試験体製作メーカーは大変重要な存在です。本稿では性能評価本部の重要なパートナーとして支えていただいている試験体製作メーカーについて紹介いたします。

2.契約試験体製作メーカーについて

性能評価本部と契約している試験体製作メーカーを表1に示します。契約しているメーカーの多くは埼玉県草加市の中央試験所近隣に所在しておりますが、西日本試験所の近隣や大阪に所在するメーカーとも契約をしており、お客様のニーズにあった試験体製作メーカーが利用できるようになっています。

表1 試験体製作メーカーの所在地及び問い合わせ先(五十音順)

会社名	所在地*1	連絡先*1
有限会社オーテック	山口県山陽小野田市大字小野田3561	0836-88-4442
三生技研株式会社	埼玉県吉川市旭6-1	048-992-2460
有限会社鈴木技研研究所	埼玉県三郷市鷹野1-402	048-955-3398
株式会社ソーケン	埼玉県草加市青柳2-8-18	048-931-1586
株式会社東亜理科	埼玉県北葛飾郡松伏町上赤岩900-1(埼玉第一工場)	048-940-6602

注) *1 表中の住所及び連絡先については代表を記載させていただいております。



写真1 有限会社オーテック(第二作業所)



写真2 有限会社鈴木技研研究所



写真3 株式会社ソーケン(第1工場)

(1) 有限会社オーテック

山口県山陽小野田市に工場を2つ構え、主に西日本試験所で実施する試験体について製作が可能です。工場の外観を写真1に示します。

(2) 有限会社鈴木技研研究所

埼玉県三郷市に工場を構え、主に中央試験所で実施する試験体について製作が可能です。工場の外観を写真2に示します。

(3) 株式会社ソーケン

埼玉県草加市に工場を3つ構え主に中央試験所で実施する試験体について製作が可能です。工場の外観を写真3に示します。

三生技研株式会社および株式会社東亜理科の2社につきましては、次頁の各社の寄稿にて紹介させていただきます。

3.おわりに

性能評価本部では定期的に試験体製作メーカー全社に向けて、試験体製作に関する注意事項、留意点や最新情報等を提供する研修会を開催し、試験体製作にかかわる関係者の知見、技術力を日々高め、お客様の申請に沿った試験体を提供させていただきます。

【お問い合わせ先】

性能評価本部 性能評定課 TEL : 048-935-9001

性能評価申請の手引き https://www.jtccm.or.jp/Portals/0/resources/library/jtccm/seino/siryo/annai/te_boutaika2.pdf



[試験体製作メーカーピックアップ]

■ 開発と共に歩む

三生技研株式会社

企業紹介

三生技研株式会社(以下「当社」)は、埼玉県吉川市の北側に位置する東埼玉テクノポリス工業団地内に本社を置き、吉川市内に他2カ所の作業場を有しています。

「新生・永生・共生」を企業理念に掲げ、1985年創業時より現在に至るまで、各種建設材料及び工業製品の商品開発を協力・支援することを目的にお客様に寄り添い続けてきました。設立以来、防火・耐火、環境、構造などの試験体製作に特化し、実大火災実験から社内性能実験・参考資料提供など数多くの実績を積み重ね続けています。また2022年夏には埼玉県春日部市内の工業団地に工場を新設し、更に幅広い業務を受け入れられるような体制を整えることが出来るよう日々邁進してまいります。

製作の特徴／建材試験センターとの関係性

当社では「大型試験体の製作」に加え「各種測定器や実験装置による実験・試験」且つ、実験補助における一貫体制が整っている事で、試験体製作に対して迅速かつフレキシブルな業務の提供も可能となっています。それは当社の

設立前、創業者である井口久生と建材試験センターとの出会いが起因しています。1970年半ば、建材試験センターと出会い、「企画から製作までトータルで支援を請け負う」という考えを基に開発支援に従事し、建材試験センター及び他の試験所にて、お客様と多くの仕事を行ってきた中でその一つの姿勢が作り上げられました。今もOJTやOFF-JTを通して、社内における次世代の担い手に着々と受け継がれています。

創業時より試験体製作という業務をいち早く手掛けてきた当社にとって、建材試験センターは共に開発支援の道を歩んできた良き理解者であり良き指導者と言えます。これからも日本の住生活・社会基盤整備を支え続ける存在として共に成長し、歩み続けたいです。



写真4 三生技研株式会社

■ 試験体製作のパイオニア

株式会社東亜理科

企業紹介

私たち株式会社東亜理科 (<https://www.toarika.co.jp/>) は1972年の設立時、理化学機器の販売・熱電対の取り付け業務からスタートし、その後1989年に最初の工場を埼玉県松伏町に開設し本格的に試験体製作業務を開始致しました。

親切・丁寧をモットーにお客様の満足を旨とし、確かな技術と豊富な知識をもってニーズに応え社会に貢献できるよう全力で取り組んでおります。

現在では埼玉県に2工場、茨城県に1工場、大阪府に3工場を構えております。すべての指定性能評価機関及び建築研究所、各メーカーの研究所での防耐火、構造、環境試験等の試験体を製作し、国のプロジェクトでもある実大火災実験等のお手伝いもさせていただいております。また試験体製作だけではなく、熱電対の販売及び取付請負、防火材料試験における標準板の販売も行っております。

製作の特徴／建材試験センターとの関係性

弊社は今年で創立50周年を迎え、関東・関西に計6工場を構えるにいたりました。

2000年の性能規定化以前より、試験体製作会社として申請各社からの発注を受け、貴センターへの試験体の製作納入および試験のお手伝いを行ってまいりました。

現在は貴センターのみならず全国の指定性能評価機関の要望に対応できるようにしております。「指定試験体製作会社」としての認定をいただいております。貴センターからの依頼に対応して申請各社との打ち合わせを密に行い依頼内容に沿った試験体を製作しております。

貴センターの防耐火棟新設の計画に伴い、弊社としても昨年7月に埼玉第一工場を開設し、より多くの試験体製作のご依頼に対応できる体制を整えました。今後の貴センターの発展のお手伝いをするにより社会貢献ができればと考えております。



写真5 株式会社東亜理科(埼玉第一工場)

コンクリートの火災時安全性と被害低減対策の検証

コンクリートの 爆裂に関する試験方法

1. 爆裂とは

1.1 耐火試験における事例

コンクリートやモルタルには、火災時において加熱されることにより表層が剥離・飛散し断面欠損する「爆裂」という現象が生じることがある。まずは、当センター耐火試験業務において期せずして爆裂が生じた事例を、写真とともにご紹介したい。加熱条件はすべてJIS A 1304標準加熱曲線A (ISO 834-1)である。

(1) ケース①：壁

軽量骨材を用いたプレキャストの帳壁部材であり、本試験は1時間の耐火性能を目標としていた。しかし加熱開始直後から広範囲で爆裂が発生し、15分過ぎに炉内温度が700℃程度まで上昇した段階で試験を中止した。爆裂深さはかぶり厚さ30mmを上回っており、鉄筋が一部露出する

に至った(写真1)。

(2) ケース②：柱(軽微)

普通コンクリートを用い可燃性の仕上材を施した柱部材の荷重加熱試験である。炉内温度が1,000℃近くとなった70分過ぎに、仕上材の全面的な脱落によりコンクリートが露出し、急激に加熱されことによる爆裂が部材角部に生じた。爆裂は一時的なものでかぶり厚の範囲内で収まっており、2時間の耐火性能が問題なく達成された(写真2)。

(3) ケース③：柱(甚大)

高強度コンクリートを用いた柱部材の荷重加熱試験である。炉内温度が800℃を超えた30分頃、爆裂と思われる大きな表層剥離が生じた。その後かなりの時間は持ちこたえていたが、最終的に主筋(かぶり厚さ約40mm)が露出した状態となって柱全体が座屈し、荷重を支持することができなくなった(写真3)。結果としては、1時間半を超える



写真1 壁試験体の爆裂



写真3 柱試験体の爆裂(甚大)



写真4 梁試験体の床部分での爆裂



写真5 床試験体の表層剥落(軽微)



写真2 柱試験体の爆裂(軽微)



写真6 床試験体の爆裂(甚大)

耐火性能が確認されている。

(4) ケース④：梁（梁上に取り付けた床要素部分）

鉄骨梁の上に床部分の再現として普通コンクリートのプレキャスト版を取り付けた試験体である。加熱1時間および放冷3時間の経過後に試験体を取り出したところ、炉内に面した角部分のコンクリートに大きな剥落が確認され、鉄骨梁を保護する耐火被覆材が部分的にめくれた状態となっていた（写真4）。幸いなことに、鉄骨梁への熱的影響はほとんどなく、耐火性能上は問題とならなかった。

(5) ケース⑤：床（軽微）

普通コンクリートを用いプラスチックフォーム材が空間形成材として埋め込まれた中空スラブである。2時間にわたる加熱中および加熱終了直後までコンクリート表面に一切の異常は認められなかったが、放冷している間にコンクリート表面が最大10mm程度剥落した（写真5）。コンクリートの耐久性や美観に関していえば重大な変化であるが、耐火性能に関してはこの程度なら全く問題ない。

(6) ケース⑥：床（甚大）

軽量コンクリートを用いた床部材の荷重加熱試験だが、直接火熱の届かないコンクリート上面において爆裂が発生した特異事例である。加熱継続時間が1時間と少々を過ぎた頃、部分的に炉内に通じるような大規模な破壊が生じたため発生とはほぼ同時に荷重を支持しきれない状態となった（写真6）。曲げ荷重により上面側の圧縮応力度が高くなっているところに下側から移動してきた水分が集まった結果と考えられる。

(7) ケース⑦：ひさし

普通コンクリートを用いた壁に長さ約400mmのひさし状部分（片持ちスラブ）を設けた試験体である。ひさしの下方にある開口部の性状を確認するため、ひさしが突き出ている壁面に対し1時間の加熱を行う試験であった。炉内温度が約780℃となる20分頃、ひさし部に大規模な爆裂が生じ、鉄筋のみを残してコンクリートのほぼ全てが崩落した（写真7）。

このようなコンクリートの爆裂は、耐火試験に限ったものではなく、実際の火災現場でも発生するものである。コ



写真7 ひさし試験体の爆裂

ンクリートが高い耐火性を有した構造材料であることは確かであるが、爆裂という弱点があることを知っておく必要がある。

1.2 爆裂現象の理論

英語では爆裂を、剥離や砕けることを意味する spalling（スポーリング）と表現する。爆裂は常に発生するわけではなく、また、前項に示す写真のように発生の仕方は多様であり、その程度も様々である。発生確率や激しさが増す条件として、以下のように考えられている。

- ・爆裂は、温度上昇が急速であるほど生じやすい
- ・300～400℃あたりから発生の可能性がある
- ・コンクリートの含水率が高いほど生じやすい
- ・水結合材比が小さく緻密な組織であるほど生じやすい
- ・存在応力（圧縮力）が大きいほど生じやすい
- ・部材が大きいほど生じやすい
- ・鉄筋が集中する部分に生じる傾向がある
- ・骨材によっては爆裂性向や脆さが認められている

爆裂の発生メカニズムについては、十分解明されておらず、図1に示すような熱応力理論と水蒸気圧理論があり、現在ではそれらの複合理論が定説となっている。

1.3 爆裂対策の手法

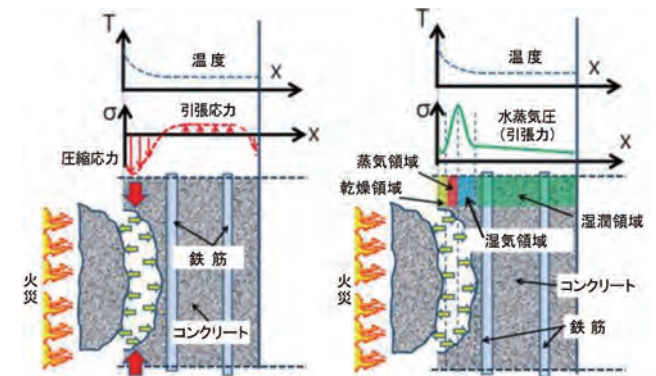
爆裂を防ぐ手法として、ポリプロピレン繊維（PP繊維）など有機繊維の混入が有効であることが知られている。コンクリート組織内に分散させた有機繊維が高温時における水蒸気圧を開放する抜け道となるためと考えられており、高強度コンクリートで広く採用されている。繊維の混入量が多いほど爆裂抑制効果が高くなる傾向があるが、コンクリートの種類によって適量があるといえる。

他には破片の飛散を食い止めることで爆裂の進行を遅らせたり止めたりする考え方もあり、鋼繊維の混入や鋼製金網の埋め込み、表面の鋼板被覆なども、ある程度の効果が確認されている。

2. 爆裂に関する試験実施例

2.1 円筒供試体加熱試験

爆裂の危険性が疑われるコンクリート（高強度コンク



引用：SiF'14 Poster by Ozawa, M. et al.

図1 爆裂発生メカニズム（左：熱応力理論、右：水蒸気圧理論）

リートなど)について上述のような爆裂対策の効果や要否を確認するため、当センターで比較的多く行われているのが、円筒供試体を加熱する試験である。加熱炉の中に各種供試体を並べ、一度に加熱し、外観観察により評価する(写真8、9)。観察対象は圧縮強度試験用の一般的な円筒供試体とし、扱いやすさを損なわない範囲で出来るだけ大きいサイズとして、φ150×300mmとすることが多い。

多種の優劣比較に適した方法であるが、供試体内の温度分布や水分状態、応力状態は実際の構造物での状態と同じではないため、本試験による爆裂有無等の結果は、実構造物に直接当てはめることはできない。

ちなみに、加熱条件は、通常JIS A 1304標準加熱曲線A (ISO 834-1)で実施しているが、土木分野ではトンネル火災や油火災を想定した様々な加熱温度曲線がある(図2)。このうち国内ではRABT曲線(図2⑤・⑥)による実施ニーズが高い(当センター加熱炉では耐久性上の問題から対応できないため、他所での実施をご案内している)。

2.2 実大要素加熱試験

実構造物での爆裂危険性や防止策効果を直接的に評価するため、断面寸法や配筋など、実際の部材構造を再現した試験体により、加熱試験を行うこともある(写真10)。

熱電対を埋め込み内部温度を測定することで、より詳細な性状把握・評価が可能である。一つの大きな試験体のなかで、各部位でかぶり厚さや仕上げ方法などの条件を変えた試験体とすることもある。



写真8 円筒供試体加熱試験・実施中の状況



写真9 円筒供試体加熱試験・実施前後



写真10 実大要素加熱試験



写真11 載荷加熱試験

2.3 載荷加熱試験

爆裂は内部応力が高いほど発生しやすくなると考えられており、載荷することで実際の応力状態を再現して、その爆裂性状を確認することは意義が大きい(写真11)。また実際爆裂が生じることを前提として、それが耐火性能にどの程度影響するかについても直接的に評価できる。

ただし試験装置の載荷能力に応じて、試験体サイズは上限の制約を受けることが多い。

3. JCI規準「コンクリートの爆裂試験方法」

(公社)日本コンクリート工学会(JCI)は、2015年に設置された「高温環境下におけるコンクリートの性能評価に関する研究委員会」が作成した原型により、2つの爆裂評価試験方法(JCI-A法・JCI-B法)についての規準を、2018年に制定した^{1)・2)}。公に制定された爆裂に関する試験方法としては、おそらくこれが初めてであり、当センターでも、最近、本方法による試験実施依頼や相談を受け始めている。

3.1 リング拘束供試体法(JCI-A法)

直径300mmの鋼管(リング)内にコンクリートを打設したパンケーキ形・高さ100mmの供試体を用いる(図3)。

JCI法(A・B共通)の主なポイントは以下の通り。

- ・供試体材齢：標準91日(加熱試験時)
- ・加熱曲線：JISA1304-A (ISO834) 又はRABT-ZTV相当
- ・加熱時間：30分間
- ・測定項目：爆裂深さ，爆裂面積率，爆裂容積率，爆裂発生時間

更なる特長として、A法には、リングによる拘束応力の測定と水蒸気圧力を測定するオプションが規定されている。計測や供試体製作にコツが要るが、爆裂の発生機構や

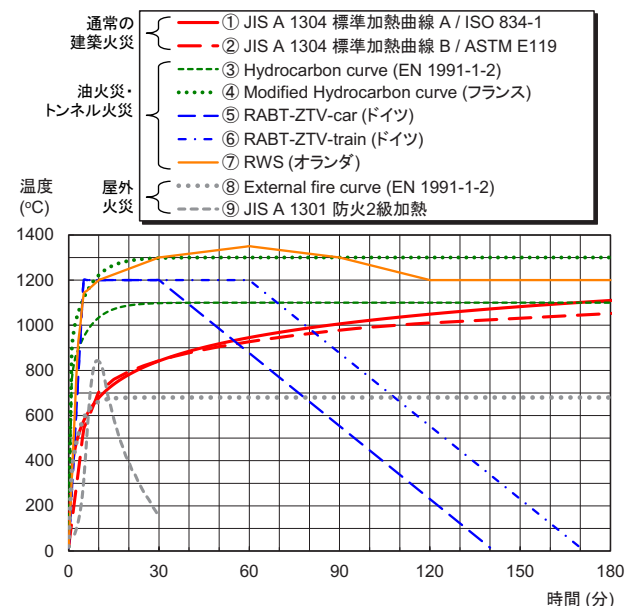


図2 諸基準における火災加熱温度曲線

抑制機構に関する物理量を得ることで、単なる優劣比較にとどまらず、爆裂発生状況のより詳しい検証や理論的な研究開発の手段となると考えられる。

3.2 一軸拘束供試体法 (JCI-B法)

曲げ強度試験用に類似した高さ400mmの角柱供試体を用いる。内部中心軸に異形棒鋼を配置し、両端部は拘束板を取り付けた構造とする(図4)。供試体製作が比較的容易であることと、多数同時加熱の試験が行いやすいことから、多種を比較する用途に向けた試験法である。

基本は4面加熱(写真13)だが、板要素部を想定した1

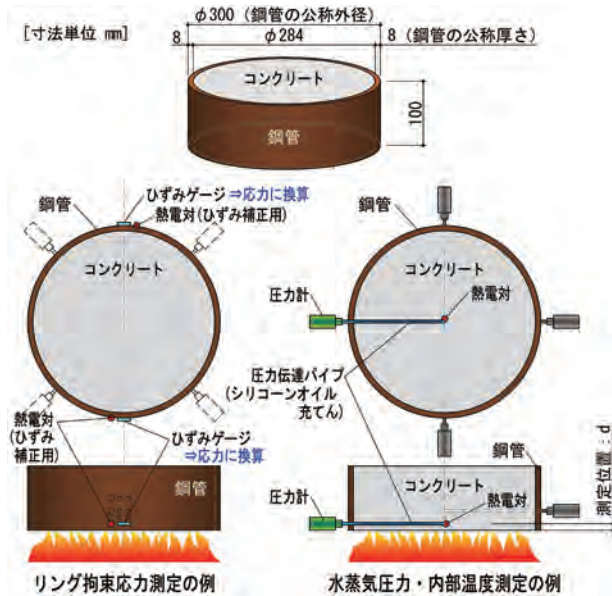


図3 リング拘束供試体 (JCI-A法)²⁾

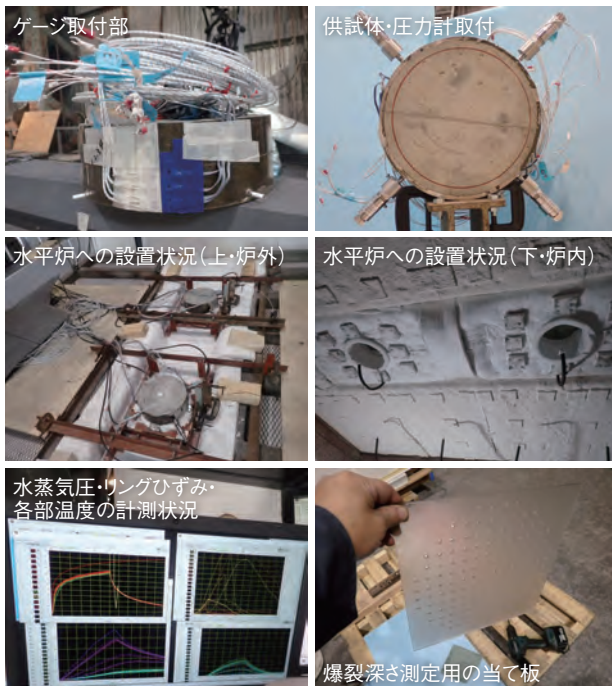


写真12 リング拘束供試体法試験実施例 (JCI-A法)

面加熱や隅角部を想定した2面加熱の選択肢もある。また、異形棒鋼の温度測定を行うオプションも示されている。

内部棒鋼と両端部拘束板により、A法とは違った形で、実構造部材における拘束力の再現を意図しているが、AB両法とも、実構造部材における応力・温度状態を完全に再現できるわけではない。爆裂に対する抵抗性を相互に比較する試験²⁾であることに留意しておく必要がある。

4.まとめ

コンクリートの爆裂現象について耐火試験を例に挙げ解説を試み、爆裂に関する代表的な試験方法を紹介した。

最後に、JCI-A法の試験実施において供試体の提供はじめ多大なご協力・ご指導を賜りました群馬大学・小澤満洋雄先生に、深い感謝の意を表します。

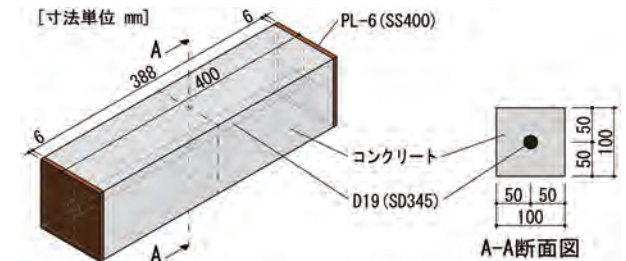


図4 一軸拘束供試体 (JCI-B法)²⁾

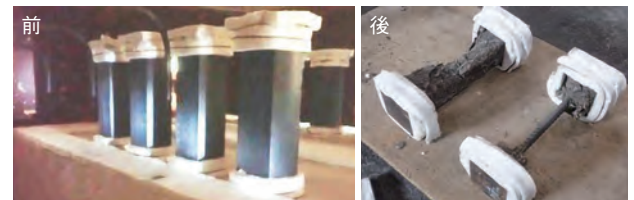


写真13 一軸拘束供試体法試験実施例 (JCI-B法)

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会, 高温環境下におけるコンクリートの性能評価に関する研究委員会報告書, 2017.
- 2) 日本コンクリート工学会, JCI-S-014-2018コンクリートの爆裂試験方法 (JCI規準), 2018.

author



常世田昌寿

総合試験ユニット 中央試験所 耐火グループ 参事

<従事する業務>
耐火構造系の試験業務全般

観察記録システム

観察カメラの導入 ～中央試験所 動風圧試験室及び 大型送風散水試験室～

1.はじめに

中央試験所 環境グループ（動風圧試験室及び大型送風散水試験室）において、観察補助用具として録画、再生及び遠隔操作が可能な観察カメラを導入しました。本稿では、導入しました観察カメラの概要、活用例についてご紹介します。

2.観察カメラの概要

(1)仕様

観察カメラの仕様を表1に示します。固定型（回転式）カメラ及び移動型カメラの2種類（音声収録なし）になります。動風圧試験室に、固定型カメラ1台（写真1）、移動型カメラ2台（写真2）、大型送風散水試験室に固定型カメラ

及び移動型カメラを各1台導入しました。また、移動型カメラは各試験室に最大3台まで使用できます。なお、観察カメラは観察以外に試験室の24時間監視録画も行っていきますので、観察カメラの映像保存期間については、約2か月となります。

(2)設置概要

固定型カメラは、両試験室の高い位置に設置してありますので、固定型カメラの回転及びズームを行い、観察面となる試験体正面や周囲全体が映るように設定が可能です。移動型カメラは、有線LANケーブルが届く範囲で任意の位置に設置します。

これまでの大型送風散水試験の観察は、送風散水の影響がないように試験装置の側面から行っておりました。移動型カメラを吹出口上部に設置（写真3）することで、試験体

表1 観察カメラの仕様

仕様	固定型（回転式）	移動型
画像センサー	1/2.8型 CMOS	
最高解像度	1920×1080	
光学ズーム	30倍	—
有効画素数	約200万画素	
最大画像サイズ	1920×1080	
フレームレート	30fps（1秒30コマ）	
環境性能	IP67	
接続方法	有線LANケーブル	

※ 移動型は各試験室に最大3台まで使用可能。



写真1 固定型（回転式）



写真2 移動型



写真3 吹出口上部に設置



写真4 吹出口からの映像

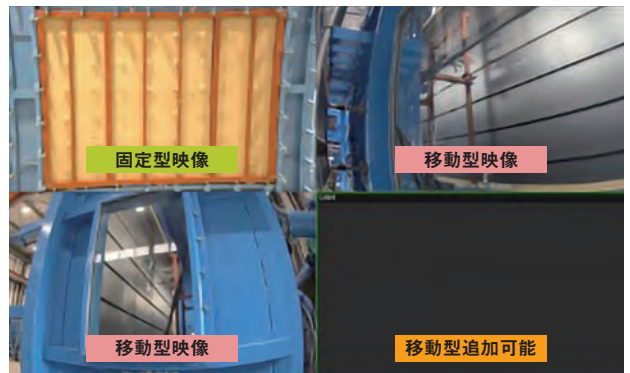


写真5 映像画面



写真6 観察用モニター

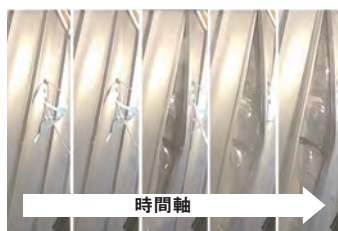


写真7 試験体状況の確認

を見下ろした映像(写真4)から試験体の状況を確認することが可能となりました。これにより、困難な試験体箇所の観察がしやすくなりました。

(3) 映像概要

観察カメラの映像は、PCから確認し、任意の映像を全画面表示にすることも可能です(写真5)。

本映像は、観察用モニターに映し出すことが可能で、お客様が安全な場所から試験の様子を確認して頂けるようになりました(写真6)。

観察カメラは、録画及び再生が同時に行えるため、試験体の状況を試験中又は試験終了後に1秒30コマ送りで確認することができます(写真7)。

3. 活用例

(1) WEB会議サービスでの利用

近年、WEB会議サービスの拡充が進んでいる中、当センターでもWEB会議サービスの対応しております。観察カメラの映像についても、WEB会議サービスを介して遠隔地のお客様にカメラ映像の共有を行い、試験中の試験体状況を確認することが可能になりました(図1)。

(2) 映像の提供

観察カメラで撮影しました映像は、ご要望頂ければ一律料金にてご提供(記録媒体:SDカード等)しております。

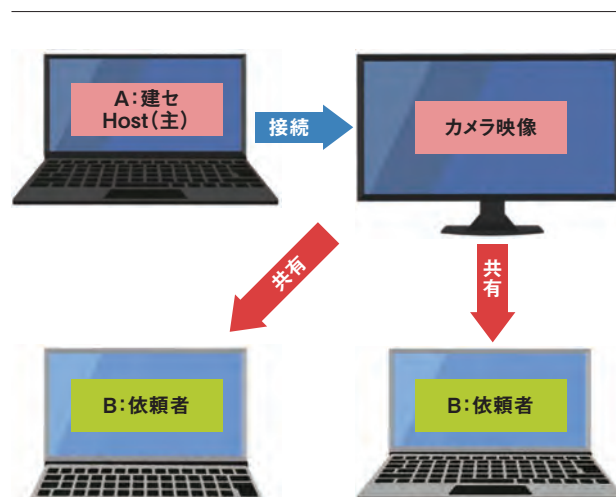
動画のデータは、専用動画再生ソフトが組み込まれておりますので、動画再生ソフトを使用せずに再生可能です。

動画再生画面は、簡単な操作方法となっておりますので、説明書がなくてもご利用できます。また、動画を編集される場合は、動画再生画面で他の拡張子に保存、又は特定画面への保存などが可能です。

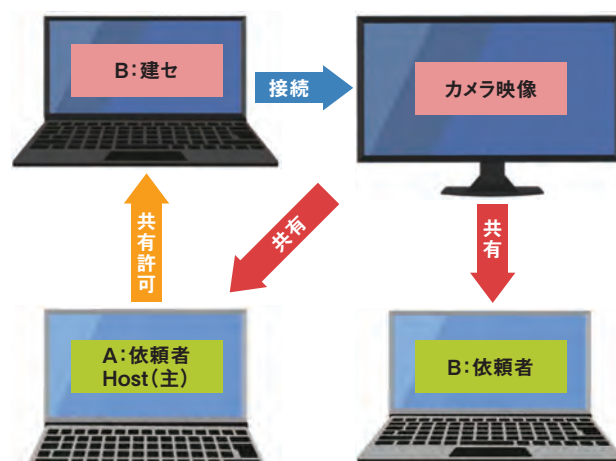
4. おわりに

本稿では、今年度導入した観察カメラについてご紹介しました。お客様のご要望が導入のきっかけになっております。観察カメラを導入したことによって、安全な場所から観察しやすく、遠隔地のお客様でも試験状況をWEB会議サービスから観察いただける環境を整備することが出来ました。

今後も、お客様のご意見・ご要望にお応えするとともに、社会のニーズを捉えて試験環境および試験設備の整備に努めたいと思いますので、ご意見頂ければ幸いです。



1) A: Host(主); 建材試験センター



2) A: Host(主); 依頼者

図1 WEB会議サービスの観察カメラの映像共有例

author



大西智哲

総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ 主任

<従事する業務>

建築部材の耐風圧性・水密性・気密性の試験、
建築部材・屋外設置物の送風散水試験、扉・
板の浸水防止試験など

【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

地盤改良土の圧縮試験に対応

土の一軸圧縮試験機

1.はじめに

近年、地震や水害等の自然災害、住宅地等における不同沈下等により、地盤改良の重要性が高まりつつあります。技術の進歩により環境に配慮されたセメント系固化材が開発され、改良土に用いられています。また、産業廃棄物の再利用化が進んでおり、それに伴って流動化処理土の開発も進んでおります。建設リサイクル法および廃棄物処理法の改正が行われるなど、リサイクルが主流となっております。

改良土の簡易的な試験として、一軸圧縮試験があります。一軸圧縮試験で算出された圧縮強度および変形係数は、構造物基礎地盤の支持力、斜面の安定性および土圧等の評価に用いる重要な数値です。

本稿では、当センター工事材料試験所の浦和試験室および船橋試験室に導入している、一軸圧縮試験装置について紹介します。

2.土の一軸圧縮試験

(1) 一軸圧縮強さとは

一軸圧縮試験は、自立する供試体に対して拘束圧が作用しない状態で圧縮する試験で、その最大圧縮応力を一軸圧縮強さ q_u としています。主として乱さない粘性土を対象としています。繰り返した試料、または締め固めた土、砂質土などの自立する供試体にも適用できます。

(2) 変形係数とは

変形係数は、土の硬さを数値で示したものになります。変形係数 E_{50} は、**図1**に示すように改良土の一軸圧縮強度の半分 $q_u/2$ のひずみ ε_{50} から式(1)で求めることができます。

$$E_{50} = \frac{q_u}{2} \times \frac{1}{\varepsilon_{50}} \quad \dots (1)$$

E_{50} : 変形係数 (MN/m²)

ε_{50} : 圧縮応力 $q_u/2$ の時のひずみ (%)

q_u : 一軸圧縮強さ (kN/m²)

(応力-ひずみ曲線の初期の部分に変曲点が生じる場合は、変曲点以降の直線分を延長し、横軸との交点を修正原点としています。)

(3) 試験方法

試験方法はJIS A 1216 (土の一軸圧縮試験方法)で規定されており、試験機は、ひずみ制御、圧縮装置、荷重計および変位計から構成されています。

供試体の整形は、ワイヤソーやマイターボックス等を使用致します(**写真1**)。

供試体は円柱とし、高さは直径の1.8~2.5倍に成形し、ノギス等により平均直径および平均高さを求めます。圧縮試験は毎分1%のひずみが生じる割合を標準として、連続的に圧縮を加えます。

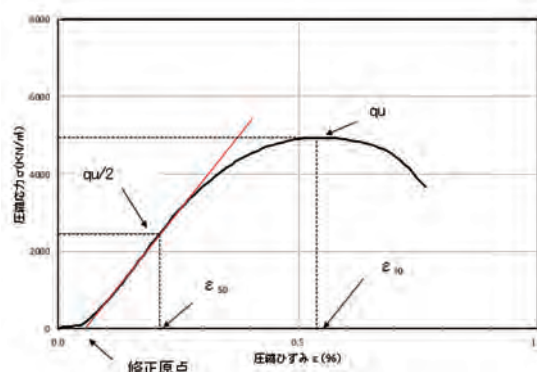


図1 応力-ひずみ曲線

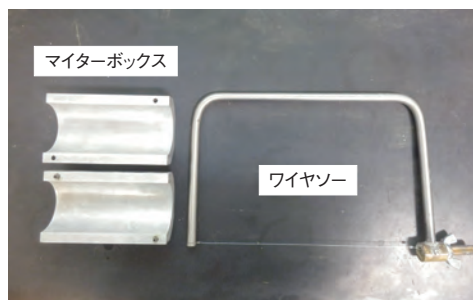


写真1 マイターボックス及びワイヤソー

圧縮の終了判定は、次のいずれかの条件に達したとします。

- 1) 圧縮力が最大となって引き続きひずみが2%以上生じた場合
- 2) 圧縮力が最大値の2/3程度に減少した場合。
- 3) ひずみが15%に達した場合。

試験終了時の状況を**写真2**に示します。

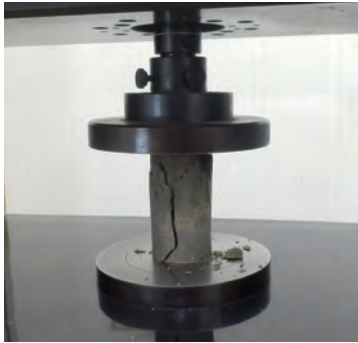


写真2 試験終了時の状況

3.測定装置の概要

工事材料試験所が保有する一軸圧縮試験機の外観を写真3に、主な仕様を表1に示します。荷重容量は、0.2kNから100kNまで対応できます。また、供試体の寸法は直径100mm×高さ200mmまで対象としております。

一軸圧縮試験機に付属されているデータ処理システム(写真4)を使用することにより、JIS A 1216に規定されている毎分1%の圧縮ひずみを自動制御で試験することが可能です。データ処理システムは、設定値を入力することで自動制御となり、効率良く精度の高い試験を行うことが可能です。

立会試験時には、別途設置したディスプレイが電子黒板として使用できるため、鮮明な写真撮影ができます。



写真3 一軸圧縮試験機の外観

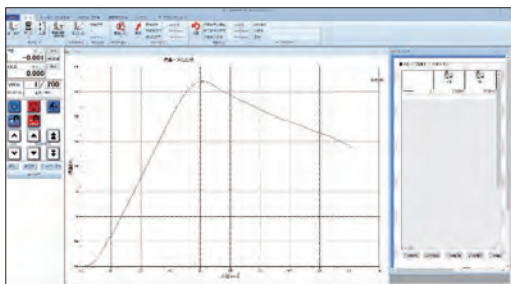


写真4 データ処理システム

表1 一軸圧縮試験機の仕様¹⁾

名称	テンシロン万能試験機
型式	RTF-2410
最大荷重容量	100kN
クロスヘッドストローク	1160mm
有効ストローク	620mm
クロスヘッド速度範囲	0.0005～1000mm/min
クロスヘッド速度精度	±0.1%
荷重レンジ速度精度	指示値の±0.5%
荷重レンジ	フルオートレンジ切り替え
サンプリング速度	0.2msec
製造会社	株式会社 エー・アンド・デイ

4.おわりに

現在は本試験のデータ処理方法を、Excelを使って行っています。将来的には、自動処理の効率の良いシステムを導入し、お客様により良いサービスを提供していきたいと考えております。

改良土の試験に関しては、本稿で紹介した一軸圧縮試験のほか、改良土に含まれている六価クロム等の溶出試験を中央試験所材料グループで行っています。

その他、工事材料試験所ではコンクリート・モルタル・鉄筋・鋼材・アスファルト・路盤材・コンクリートコアなどの試験を行っております。試験のご依頼、ご不明点、お問い合わせ等、お待ちしております。

参考文献

- 1) 株式会社 エー・アンド・デイ HP : https://www.aandd.co.jp/products/testmeasurement/test/test-pull_compression/rtf_rtf/ (参照日: 2022.1.28)

author



日詰康志

工事材料試験ユニット 工事材料試験所
浦和試験室 主査

<従事する業務>
工事用材料の品質試験

【お問い合わせ先】

工事材料試験所 浦和試験室

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

工事材料試験所 船橋試験室

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

2021年2月22日に改正されたJIS A 6916のティピカルな改正ポイントの紹介

JIS A 6916(建築用下地調整塗材)の
改正について

1. はじめに

戦後の住宅ストック不足を背景とし、昭和30年代から建設ラッシュが到来した。その影響を受け、建築物の内装に使用される「建築用仕上塗材」も急速な発展が見られ、現在に至るまで、工法、テクスチャーともに様々な開発がなされている。一方、建築用仕上塗材の良好な仕上がりを確保し、耐久性及び安全性の向上のために、その下地に使用される「建築用下地調整塗材」の開発も進められた。JIS A 6916(建築用下地調整塗材)は、その品質の確保及び生産・流通・使用の合理化を目的として制定された日本産業規格である。

本稿では、直近の改正である「2021年2月22日改正」におけるティピカルな改正ポイントについて紹介する。

2. JIS A 6916改正の履歴

制定・改正の履歴を表1に示す。また、過去の改正の簡単な経緯は、次のとおりである。

- (1) 1983年にJIS A 6916(セメント系下地調整塗材)制定
- (2) 1995年には、コンクリート下地だけでなく、ポリマーセメントフィラー系、合成樹脂エマルション系下地調整塗材で、施工厚さが0.5mm～10mm程度に施工できるセメント系下地調整塗材を追加し、性能による区分を行った。また、JIS Z 8301:1990との整合を図り、国際単位系(SI)を導入した。
- (3) 2000年には、適用範囲に塗料及び陶磁器質タイルなどを追加し、陶磁器質タイルの品質及びその試験方法を新たに設定した。またJIS Z 8301:1996との整合を図った。
- (4) 2006年には、JIS A 1129、JIS A 1408、JIS A 5371、JIS A 5430及びJIS R 6252の改正に伴う追補改正を行った。
- (5) 2014年には、JISに規定された原料の制約の適否、種類及び品質の見直し、品質に影響を及ぼさない範囲での試験方法の見直し、及び、産業標準化法改正に伴う製品認証に適した表示の見直しを行い、改正した。また、JIS Z 8301:2011との整合を図った。

表1 JIS A 6916 改正の履歴

年(西暦)	制定・改正の種別
1983年	制定
1995年	改正
2000年	改正
2006年	追補
2014年	改正
2021年	改正

3. 改正ポイントの一覧

JIS A 6916:2021の改正ポイントの一覧は、以下のとおり。

- (1) 「用語及び定義」に「可使用時間」を追加した。
- (2) 「製造」に、主材と混和液などを別々に包装する場合はセットされた同一銘柄のものとするを記載した。
- (3) 「初期乾燥によるひび割れ抵抗性試験用基板」に使用するフレキシブル板を、JIS K 5430のJISマーク認証品だけでなく、品質基準を満たす相当品も使用可とした。
- (4) 「低温安定性試験」における温冷繰返操作と目視調査との間に18時間の静置時間を設けた。
- (5) 「低温安定性試験」において、恒温室内の試験体の設置場所を「風が直接当たらない」場所とした。
- (6) 「軟度変化試験」のフロー値の測定時間を「60分」から「可使用時間」とした。
- (7) 「軟度変化試験」のフロー値の測定回数を見直した。
- (8) 「付着強さ試験」の試験体にエポキシ樹脂を塗り包む場所を明記した。
- (9) 「透水試験」における試験体への試験器具の取付けが困難である場合の対処方法を記載した注記を削除した。
- (10) 「長さ変化試験」における試験体作製時の試料の詰め方について、JIS A 1171の手詰めによる方法を併記した。
- (11) 「仕上材がセラミックタイルの場合の耐久性試験」の試験結果の評価方法を3個の試験体の試験結果の「平均値」から「3個とも品質をみたとすこと」に変更した。

(12)「表示」の「注意事項」にて、記載内容を限定しないこととした。

(13)「試験室及び養生室の状態(附属書A)」の試験室の状態を本文と合わせた。

4. 主な改正ポイントの説明

4.1 「低温安定性試験」の見直し

旧規格 (JIS A 6916 : 2014)

“この操作を3回繰り返した後、容器の上面を開き、…”

新規格 (JIS A 6916 : 2021)

“この操作を3回繰り返した後、一般養生室に18時間静置後、容器の上面を開き、…”

合成樹脂エマルジョンなどの水性液状材料は、低温下で凍結すると安定性を失い、組成物に異常が発生する恐れがあることから、「低温安定性試験」を実施して貯蔵安定性を目視(塊の有無や組成物の分離及び凝集の有無)で確認することとなっている。

一方、改正前の規定では、3回凍結を繰り返した後の目視検査を、恒温器(-5℃±2℃)から取り出して6時間後に行うこととなっていた。しかし、6時間では試料の融解が不十分で、凍った状態の塊が確認される場合があった。

「低温安定性試験」の目的は、低温による影響で合成樹脂エマルジョンなどの組成物が分離・凝集しないことを確認することであり、凍った状態の塊の有無は品質基準から除外することが望ましいと考えられた。

この問題を解消するため、目視検査は恒温器(-5℃±2℃)から取り出して24時間後(6時間静置の後、更に18時間静置)に実施するように修正した。

4.2 フレキシブル板の規定の見直し

旧規格 (JIS A 6916 : 2014)

“JIS A 5430に規定する厚さ6mmのフレキシブル板”

新規格 (JIS A 6916 : 2021)

“JIS A 5430に規定する厚さ6mmのフレキシブル板又は相当品”

「初期乾燥によるひび割れ抵抗性試験」では、試験用基板として「JIS A 5430(繊維強化セメント板)に規定する厚さ6mmのフレキシブル板」を使用することとなっていた。

JIS A 5430に規定しているフレキシブル板は、1社1製品(JIS A 6916改正時)のみ市場に供給されている状態であり、選択の幅が狭められているだけでなく、今後当該フ

レキシブル板の製造が中止された場合、試験の実施が困難となることが危惧された。

そこで、JIS A 5430のJISマーク表示の認証を受けているフレキシブル板だけでなく、JIS A 5430の品質を満たす「相当品」についても基板として選択できるように変更した。

4.3 「軟度変化試験」の見直し

旧規格 (JIS A 6916 : 2014)

“…一般養生室に60分静置後、…”

新規格 (JIS A 6916 : 2021)

“…一般養生室に可使用時間静置後、…”

「軟度変化試験」は、練上がり直後及び一定時間経過後の試験体のフロー値を測定し、その比率によって軟度変化率を求める試験である。

改正前の軟度変化試験では、練上がり直後及び「60分」経過後のフロー値を用いて軟度変化率を求め、施工上支障がないと想定される品質基準値である「-20%~20%」を満たすことを確認していた。

しかし、JIS A 6916の2014年改正時に、「原料」の結合材(セメント)に追加された、ポルトランドセメントよりも遥かに硬化が速い結合材である超速硬セメントを採用した製品では、経過時間「60分」では硬化が進んでおり、品質基準値である「-20%~20%」を満たさない恐れがあった。そのため、経過時間「60分」を見直す必要が生じた。

そこで、軟度変化試験を、製造業者が製品ごとに定め、表示している「可使用時間」経過時において、軟度変化率が品質基準値「-20%~20%」を満たしていることを確認する試験に変更した。

4.4 「可使用時間」の定義

旧規格 (JIS A 6916 : 2014)

記載なし。

新規格 (JIS A 6916 : 2021)

“3.3 可使用時間 塗付けに適する状態を保持している時間として製造業者が定めている時間”

前述の「軟度変化試験」の変更により、「可使用時間」という用語の定義が必要となった。

そこで、「3用語及び定義」にて「可使用時間」の定義を「塗付けに適する状態を保持している時間として製造業者が定めている時間」として明記した。なお、ここでは標準状態(20℃)における可使用時間を想定している。

4.5 「長さ変化試験」の見直し

旧規格 (JIS A 6916 : 2014)

“JIS R 5201の10.4.4 (成形)の方法によって詰め、…”

新規格 (JIS A 6916 : 2021)

“JIS R 5201の10.4.4 (成形)又はJIS A 1171の7.2.4 (供試体の成形及び養生)の方法によって詰め、…”

「長さ変化試験」では、試験体作製に際し、型枠(40mm×40mm×160mm)に試料を詰める操作がある。改正前は、JIS R 5201(セメントの物理試験方法)に規定する「テーブルパイプレータ」による方法により試料を成形していた。しかし、JIS A 6916が対象とする「建築用下地調整塗材」の中には、粘性が高い製品もあるため、テーブルパイプレータによる方法では成形ができないことがあり、その場合には、手詰めによる方法が適していると考えられた。また、JIS R 5201では以前は手詰めによる方法を規定していたが、過去の改正によって、テーブルパイプレータによる方法に変更されたという経緯があり、JIS A 6916ではJIS R 5201をそのまま引用し続けていたため、手詰めからテーブルパイプレータによる方法に変更されていた。

そこで、JIS R 5201によるテーブルパイプレータによる方法を残しつつ、JIS A 1171(ポリマーセメントの物理試験方法)に規定する手詰めの方法を併記することとした。なお、「曲げ強さ試験」は同様の理由から2014年改正時にJIS A 1171に規定する手詰めの方法を併記していた。

4.6 「仕上材がセラミックタイルの場合の耐久性試験」の評価方法の見直し

旧規格 (JIS A 6916 : 2014)

「5 品質」

記載なし。

「7.18 仕上材がセラミックタイルの場合の耐久性試験」

“…その平均値を…”

新規格 (JIS A 6916 : 2021)

「5 品質」

“なお、付着強さ、仕上材が複層仕上塗材の場合の耐久性及び仕上材がセラミックタイルの場合の耐久性は、試験体3個とも品質を満たさなければならない。”

「7.18 仕上材がセラミックタイルの場合の耐久性試験」

削除。

2014年改正時に、「付着強さ試験」の試験体の個数は「5個」から「3個」に変更され、付着強さの評価方法を「5個

の平均値」から「3個とも」品質を満たす内容に変更されていた。

また、「仕上材が複層仕上塗材の場合の耐久性試験」及び「仕上材がセラミックタイルの場合の耐久性試験」においても、「付着強さ試験」と同様に、2014年改正時に試験体の個数と評価方法が変更される予定であった。しかし、「仕上材がセラミックタイルの場合の耐久性試験」については、試験体の個数は変更されていたが、評価方法については「平均値」のままとなっていた。

そこで、2021年の改正により、「仕上材がセラミックタイルの場合の耐久性試験」においても、「3個すべての値」が基準値を満たすように修正した。

4.7 「透水試験」の注記の見直し

旧規格 (JIS A 6916 : 2014)

“注記 …透水試験器具を、水が漏れないようにシリコン系シーリング材で試験体に止め付けにくいときは、試験体の作製に当たり、試料を塗り付けた後、漏斗を軽く当てて接着する位置を定め、その周辺をへらなどで平らにならすか又は削り取っておくとよい。”

新規格 (JIS A 6916 : 2021)

削除。

「透水試験」の手順には、試験体と透水試験器具とを水が漏れないようにシリコン系シーリング材などで止め付ける工程がある。しかし、試験体の表層が平滑ではない場合、試験体と試験器具との間に隙間が生じ、水が漏れる恐れがあった。そこで、改正前には、試験体作製のために型枠に塗り込んだ試料が完全に硬化する前に試験器具を軽く押し当て、試験体と透水試験器具の止付けを容易にするという方法が注記として記載されていた。

しかし、実際には、透水試験器具を取り付ける場所は試験体の裏面(型枠の底側)であるため、注記による方法は、実行が困難な内容であった。

また、試験体と透水試験器具とが止め付けにくいという事例が今まで報告されたことがなかったこともあり、注記から当該内容の記載を削除した。

5. 種類及び呼び名と適用

建築用下地調整塗材の「種類」、「呼び名」、「塗厚」、「主な適用下地」、「主な適用仕上材」及び「施工方法」については、過去のJIS A 6916では、参考として本文にその一覧が記載されていた。しかし、2014年改正時に、JIS Z 8301:2011に準拠して参考部分を本文より削除し、解説

に記載することとなった。

JIS A 6916：2021においても、本文では確認ができないため、以下に種類及び呼び名の参考を記載する。

(1) セメント系下地調整塗材1種

呼び名：下地調整塗材C-1

塗厚：0.5～1mm程度

主な適用下地：ALCパネル、コンクリート

主な適用仕上塗材：内装薄塗材E、外装薄塗材E
複層塗材E、塗料

施工方法：吹付け、こて塗り、はけ塗り

(2) セメント系下地調整塗材2種

呼び名：下地調整塗材C-2

塗厚：1～3mm程度

主な適用下地：ALCパネル、コンクリート

主な適用仕上塗材：全ての仕上塗材、セラミックタイル
(接着剤張り)

施工方法：こて塗り

(3) 合成樹脂エマルジョン系下地調整塗材

呼び名：下地調整塗材E

塗厚：0.5～1mm程度

主な適用下地：ALCパネル、コンクリート

主な適用仕上塗材：内装薄塗材E、外装薄塗材E
複層塗材E、塗料

施工方法：吹付け、ローラー塗り

(4) セメント系下地調整厚塗材1種

呼び名：下地調整塗材CM-1

塗厚：3～10mm程度

主な適用下地：ALCパネル、コンクリート

主な適用仕上塗材：内装薄塗材E、外装薄塗材E、
複層塗材E、塗料

施工方法：こて塗り、吹付け

(5) セメント系下地調整厚塗材2種

呼び名：下地調整塗材CM-2

塗厚：3～10mm程度

主な適用下地：ALCパネル、コンクリート

主な適用仕上塗材：全ての仕上塗材、セラミックタイル
施工方法：こて塗り、吹付け

注記1：(1)(2)(4)(5)のセメント系の下地調整塗材は、結合材としてセメント及びセメント混和用ポリマーディスパージョン又は再乳化形粉末樹脂を混合したものを使用したもの。

注記2：(3)の合成樹脂エマルジョン系下地調整塗材は、結合材として合成樹脂エマルジョンを使用したもの。

6. おわりに

以上、2021年2月22日に改正されたJIS A 6916（建築用下地調整塗材）の改正ポイントを紹介した。

今回は、主な改正ポイントに絞って説明を行ったが、改正されなかった部分も含め詳細を確認したい場合は、JISC（日本産業標準調査会）のホームページにてJIS本文を閲覧するか、JSA（一般財団法人日本規格協会）にてJIS規格票（こちらは新旧対照表や解説付き）をお求め頂きたい。

また、改正内容に疑問点等があれば、原案作成団体である「日本建築仕上材工業会」の事務局まで問い合わせ頂きたい。

一方、同工業会が原案作成団体となっている「JIS A 6909（建築用仕上塗材）」についても2021年11月22日に改正となっている。同工業会ではJIS A 6916と併せて、改正内容の周知を行っていく予定である。

【謝辞】

JIS A 6916：2021の改正に多大なるご協力をいただきました「建築用下地調整塗材JIS原案作成委員会（委員長：本橋健司名誉教授（芝浦工業大学）、幹事：濱崎仁教授（芝浦工業大学）」の皆様に対し、この場を借りて深く御礼申し上げます。

author



越中谷光太郎

日本建築仕上材工業会 事務局 次長

vol.4 塗床ふくれの謎解き研究から学んだこと：
研究は推理小説というエンターテイメントである。

はじめに

世界は大変なコロナ禍を経験した。そしてコロナが我が国で蔓延し始めた2020年の春頃、テレビ等で国立感染症研究所が最前線の研究機関として度々紹介されていた。そしてどこかで聞いたことのある名前だなど、古い記憶をたどり、やっと30数年前にエポキシ塗床のふくれ問題で、現地調査に行った場所であったことを思い出した。調査建物は実験棟で、バイオハザードレベル4 (BSL4) 施設であった。最初BSL4と聞いた時は、何のことかわからなかったが、研究所の方から、「海外から未知の病原菌が持ち込まれたら、まずこの研究所に運び込まれ、それを直すための治療法や薬の開発が始められるのだが、担当者が誤って病原菌に感染したら、その治療法を自分で見つけるまで、この区画から永久に出られないのですよ」との説明を受け、緊張感が一気に高まり、塗床の調査どころではなくなったことを思い出した。

塗床のふくれ

建築の床仕上げのひとつに、エポキシ樹脂を下地コンクリートに塗布して、シームレスの床とする工法がある。ドロドロした液状の材料を現場で流して床とするのであるが、材料が程よい流動性をもつため、出来上がりが平滑で、色のきれいな素晴らしい仕上がりとなる。現場塗布なのでシームレスであり、非常に密閉性にすぐれる。さらに

硬化すると非常に硬くなり、耐薬品性もあるので、工場の床や化学実験室の床に好んで用いられる。先の施設に採用されたのもそういう理由からである。

ところがこの施設の1階の土間スラブ*に施工したエポキシ塗床に、ところどころ火ぶくれ状のふくれが発生したというのである。写真1は違う現場での土間であるが、このような不具合がゼネコンを通してメーカーにクレームとして持ち込まれた。当時、研究室では屋上防水層のふくれのメカニズム解明の研究に取り組んでいた。そして論文もいくつか発表していたため、それを読まれた担当の方がふくれだから似たようなものだろうと、我々のところに相談に来られ、一緒に国立感染症研究所の現場調査に出かけたのである。

相談の趣旨は塗床がどうしてふくれたのか教えてほしいとのことであった。しかしこれは難問である。理由はふたつある。

ひとつ目は、下地コンクリートからエポキシ塗床材を押し上げる力である。それまで我々の研究対象としていた屋上での防水層のふくれは、駆動力が明快である。水蒸気圧である。下地のコンクリートには水分が含まれていて、それが日中太陽に温められて気化し、大きな圧力と化す。高校で習う物理、化学の教科書どおりである。ちなみに写真2は私が大学院生の頃、小池迪夫先生のお手伝いで、奈良県内のある団地の防水層調査の時に写したものである。私が見て来たたくさんのふくれの中で、これほど感動的なもの？を二度と見ることはなかった。強く印象に残っている古典的な防水層のふくれである。一方塗床のふくれは室内



写真1 土間スラブに生じたふくれ



写真2 筆者が見た中で最大級の屋上防水層のふくれ

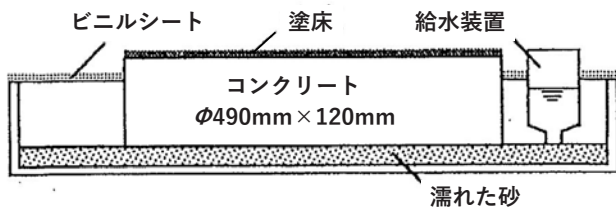


図1 ふくれの再現実験

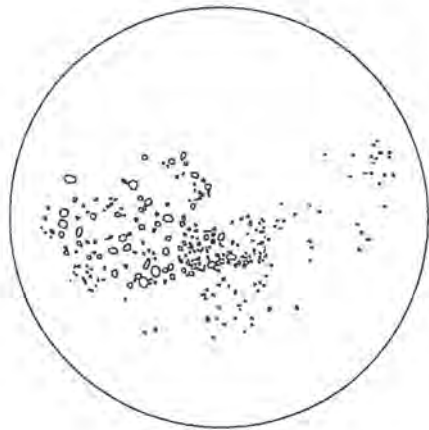


図2 3ヶ月後のふくれの発生状況

である。室温近傍での水蒸気圧はたいしたものではない。だから防水層のふくれのメカニズム論では全く説明ができないのだ。

ふたつ目は、エポキシ塗床材自身の力学的性質である。これは固まるとカチカチになる。これを変形させるためには相当な力を要する。要すれば硬い材料の床がそう簡単にふくれるとは信じがたいのだ。

そのため早速研究にとりかかることになった。まずはふくれが本当に発生するか確認しなければならない。中心となってくれたのは内田昌宏さんである。彼といっしょに、実際の土間スラブと同じ状態の試験体を作って様子を見ることにした。図1はふくれの再現を試みた実験である。コンクリートスラブの上にエポキシ塗床材を施工し、これを濡れた砂の上に置いて観察した。濡れた砂の上に置いたのは、土間スラブは湿った地面に接していることが多いからである。そしてしばらくするとぽつぽつとふくれが出て来た。図2が3ヶ月後のふくれの発生状況である。実際の建物で見られるのと全く同じふくれである。

やはり塗床は何かの力で押し上げられている。今度はこの力を測ってみようということになった。ただ何か月もかけて測定するのは大変である。そのため早くふくれを発生させる促進試験条件を模索した。その結果下地コンクリートを肩位まで（これがこの実験のポイントである）30℃の水に浸し、これを20℃の雰囲気下に置くと、比較的早くふくれを発生させることができることがわかった。液温を周りの温度よりも少し高くすることも、もうひとつのポイ

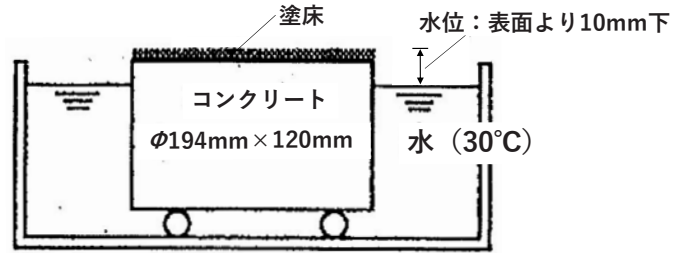


図3 ふくれ促進試験



写真3 ふくれの断面
(内部の液水を液体窒素で凍結させ、切断して撮影)

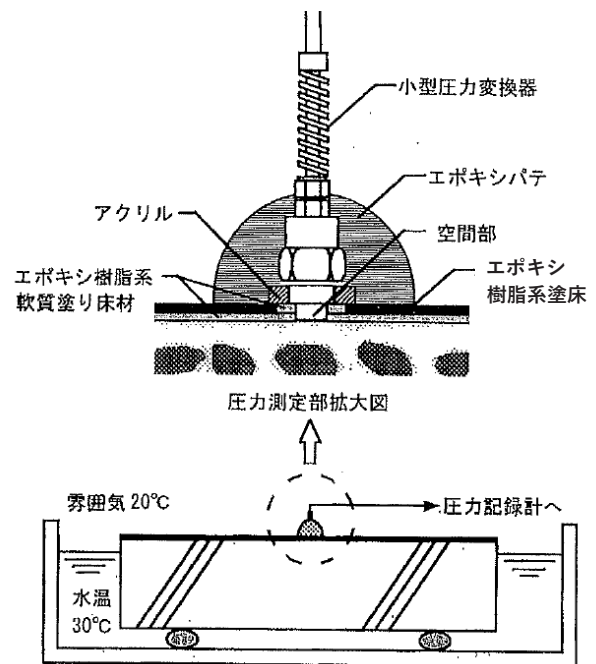


図4 エポキシ塗床背面圧力測定

ントである。図3に試験体の設置状況を示すが、この方法で行うと数週間でふくれを作ることができる。そしてふくれの内部は写真3に示すように実際と同様、液水で満たされている。ちなみにこの写真はふくれ部分を液体窒素で冷却固化し、断面を切断して撮影したものである。

これで準備が完了したので、早速圧力測定にとりかかった。小型の圧力変換器を図4に示すように先ほどの下地コンクリートの上に設置し、エポキシ塗床材を施工した。そして先ほどの試験環境（水温30℃、環境温度20℃）に置い

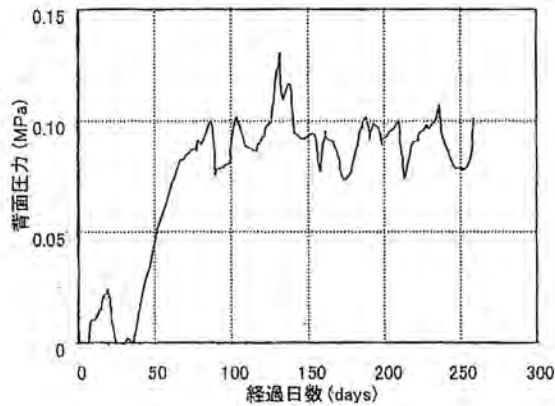


図5 エポキシ塗床背面圧力測定結果

た。試験結果を図5に示すが、5週目頃から圧力が高まり始め、最大で0.13MPa (1.3kg/cm²) を記録した。確かにエポキシ塗床材は下から押し上げられている！

コンクリートは半透過膜的性質をもつ

次の疑問はどうしてエポキシ塗床裏面に水が集まってきたかである。今度はこの謎を解かねばならない。実はこの研究を始めるにあたって、塗り床ふくれの文献調査も併行して行っていたが、その中に浸透圧**によるのではないかとする論文があった。状況から考えてこの説が合理的であるように思われた。

そしてこの考え方をエポキシ塗床に適用してみることにした。まずどの程度の水が移動してくるかである。そのため図6に示すような簡単な装置を作り水の移動量を測定した。これは蒸留水とエチルセロソルブ5%溶液の間を20mmのモルタル板で仕切ったものである。エチルセロソルブという聞いたことのない液名が出てきて面食らったかもしれないが、エポキシ塗床に含まれる成分であり、これが溶け出てきた結果である。(実際のふくれ内液水を分析すると必ず検出される。)

モルタル板を介してエチルセロソルブ溶液に浸透してくる水量は、その上にガラス管を立てて、毎日高さを測定した。この実験を私と一緒にしてくれたのは、若き日の湯浅昇先生である。(現在は日本大学教授としてコンクリート分野で大活躍であるが、当時は大学院生で、この実験をきっかけとしてセメント硬化体の半透過性による水の一方方向移動に関する研究という素晴らしい修士論文を書いてくれた。多分ふくれに関して水の移動を肉眼で見た最初の日本人と思う。)

私はどうせ上昇速度はゆっくりとなり、いずれ止まるだろうと高を括っていたが、甘かった！全然止まらないのである。ついに移動してきた水がガラス管から飛び出そうになった。これはまずい！ということで同じ径のガラス管を急遽継ぎ足した。そして継ぎ目をテープでグルグル巻きにした。まるで骨折患者の風体である。その後も止まらず、

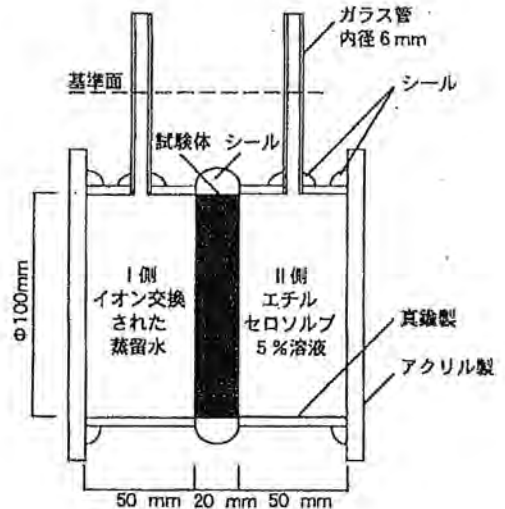


図6 水の移動量測定装置

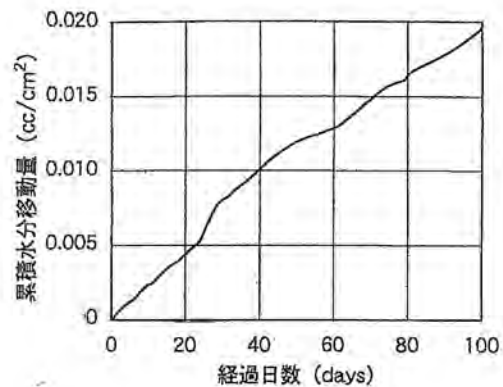


図7 水の移動量測定結果

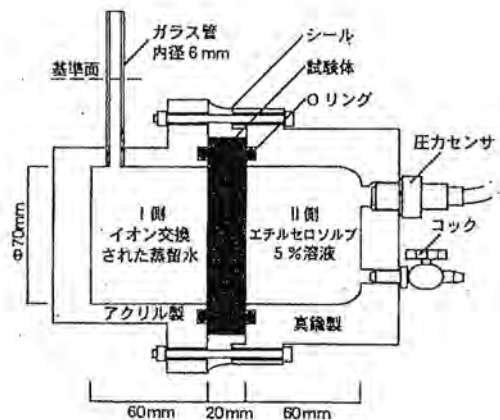


図8 浸透圧測定装置

ガラス管をまた継ぎ足した。そして数日後、ガラス管はもう自立できずテープのところで折れ曲がってしまった。そしてそれ以上は測定不能となった。ふたりでやけ酒を飲んだのは言うまでもない。

ここで示す図7の水の移動量のデータは、実験技術が向上した後、測定したものである。割と安定したデータが取れている。実験を仕掛けた翌日から水がエチルセルソルブ

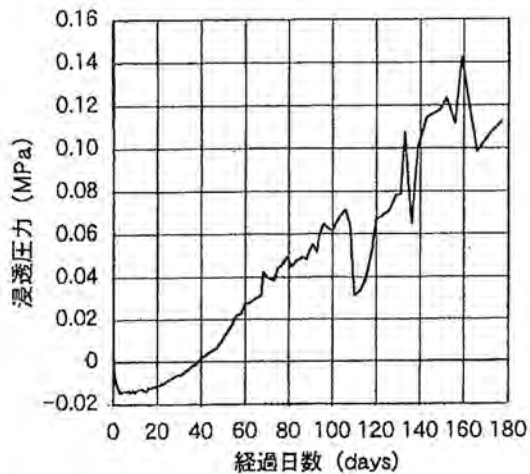


図9 浸透圧測定結果

溶液側に流れ込んできている。浸透圧説は正しそうである。

この状態でエチルセロソルブ溶液側のガラス管を取ってしまい、完全に封じると水はどんどん流れ込もうとするので、圧力が高まるに違いない。そう考えて今度はこれ（浸透圧）を直接測定しようということになった。図8に装置の断面を示す。測定装置の構成は同じであるが、エチルセロソルブ溶液側は高圧となるので、装置がひ弱では困る。そのためがっちりとした真鍮製で設計した。当然圧力センサーを組み込んである。

図9が測定結果である。当初はモルタル試験体側にエチルセロソルブ溶液が、多少吸い込まれるため圧力は少し下がるが、40日経過後からは正圧に転じてどんどん上昇する。そして160日目には最大0.14MPaを観測した。その後は下がったり上がったりで、これ以上は上昇しなかった。でも確かに浸透圧が発生している。しかも最大の値は、先ほどの模擬ふくれ実験で観測された最大値と同程度である。コンクリートが半透過膜の役割を果たしている。これが塗床のふくれ圧力の原動力となったことは間違いがない。

エポキシはクリープする

最後の謎は、この硬いと思われるエポキシ塗床が、どうしてこの程度の圧力に負けてふくれてしまうかである。最後の段階の研究でがんばってくれたのは松原知子さんである。現在は建材試験センターの職員として活躍中であるが、当時は修士課程の学生さんであった。

まず基本となるエポキシ塗床材の基本的力学的性質を知るために引張試験を行った。結果は図10に示すとおりである。ヤング率は温度により異なるが、20℃ではざっくり 0.4×10^4 MPaである。ちなみにコンクリートは $2.0 - 3.0 \times 10^4$ MPaであるから、コンクリートほどではないにしろそれでも1/5～1/7程度はあり、先ほど程度の圧力に負ける

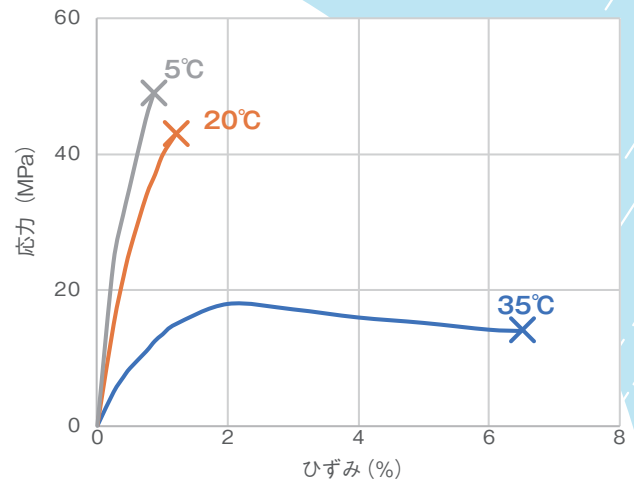


図10 エポキシ塗床材の引張試験結果

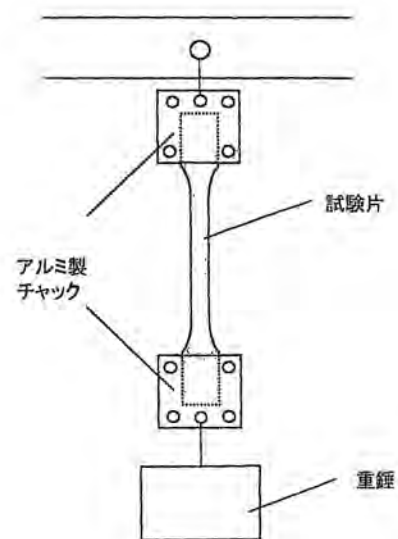


図11 引張クリープ試験装置

とは到底思えない。ただ一般に高分子材料は粘弾性的性質をもつ。筆者は合成高分子系防水材料の研究から、研究者人生をスタートさせたので、大学院生の頃高分子材料の粘弾性について多少勉強していた。だからクリープ***を疑った。そこで持続荷重下で伸びが増加するかどうかを調べることにした。

図11が引張クリープ試験装置である。装置といってもたいしたものではない。試験片に重錘をぶら下げただけのものである。これが時間とともにどの位伸びてくるかどうか、ひずみ量を測定するのである。当然クリープ量は重錘の重さに依存し、重ければどんどん伸びてくるし、軽ければゆっくりとなる。そのため破断強度の1/10、1/30、1/100、1/500の4段階で行った。さらに高分子材料の力学的性質は温度の影響を受けやすいことも常識であり、実験温度は冬期から夏期までを想定し、5℃、20℃、35℃の3段階で行った。

これらの試験結果を図12に示す。重錘が重ければどん

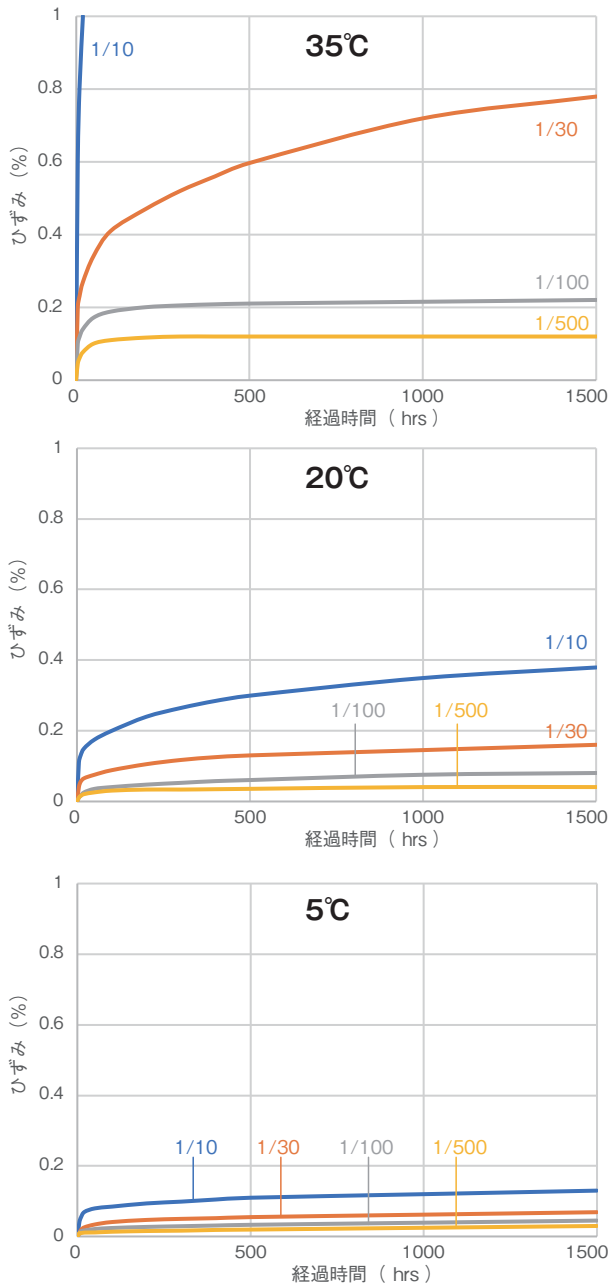


図12 引張クリープ試験結果

どん伸びてくるというのは、予想どおりであった。ただ軽くてもわずかであるが伸びが増加しており、エポキシ塗床材は見かけカチカチでも、基本的にはクリープする材料であることがわかった。

また、驚いたのはエポキシ塗床材の感温性が予想以上に大きかったことである。5℃、20℃ではそうでもなかったが、35℃では目に見えてクリープする。破断荷重のわずか1/100の負荷でも、2ヶ月程度で0.2%程度伸びるのである。これにはさすがに驚いた。実験はしてみるものである。最近では気象の過激化のために、夏期には気温が35℃を超える日が珍しくなくなっている。研究を行った当時は過酷すぎるかなと思ったが、最近はこの状態が常態化しており、もはや過酷な温度とは言えない時代になった。

さてカチカチ状態のエポキシ塗床材でも、クリープにより変形が進むというところまで追い詰めた。後は塗床でふくれが大きくなるかどうかを実際に確認することだけである。その目的で長期間ふくれ圧力を作用させる試験装置を作成した。それが図13である。直径10mmのふくれをイメージして、下側から一定水圧を負荷し続けるという仕組みであり、ふくれ高さを継続して測定した。負荷水圧はこれまでの膨れ内部圧力の実測で得たデータを参考に0.1MPa、温度は先ほどと同様5℃、20℃、35℃の3段階である。

試験結果を図14に示すが、予想通り時間とともにふくれが次第に高さを増し始めた。そして普通の室温20℃でも、十分ふくれが成長することを確認した。そしてここでも温度の影響はびっくりするほど大きく、35℃という夏場想定ではふくれ成長が極端に加速された。

ということで、一見硬いと思われるエポキシ樹脂塗床も時間とともにクリープが進行し、それがふくれとなることを確認し、研究は晴れてエンディングを迎えることができた。

塗床のふくれメカニズム

最後にここまでの研究をもとに、エポキシ塗床のふくれメカニズムを整理し5ステップに分けて図15に記述する。

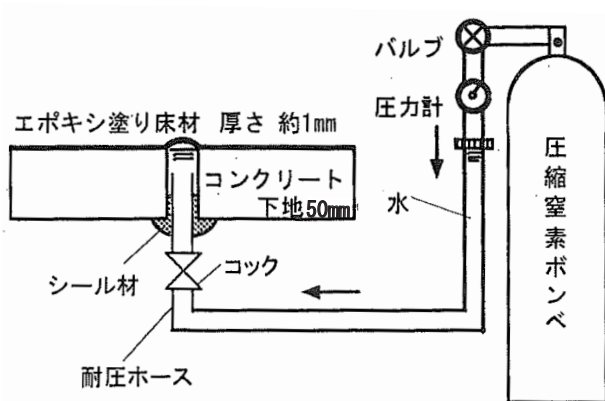


図13 ふくれ拡大試験装置概要

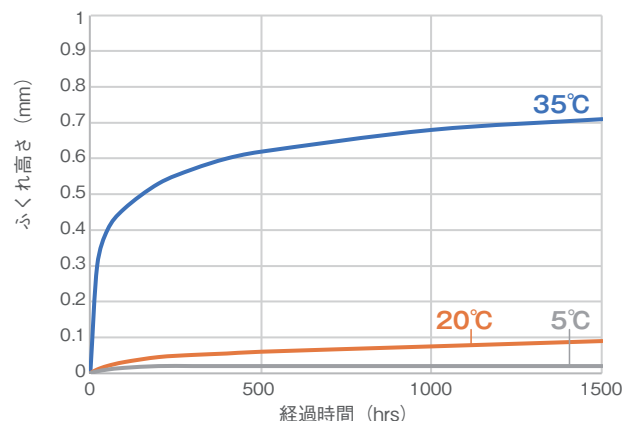


図14 0.1MPa加圧時のふくれ拡大試験結果

ステップ1：一番上の図は、ふくれ観察の結果をもとに作成した塗床材とコンクリート下地の模式図である。きれいにコテ仕上げのされたコンクリートでも、表面には必ず微小な凹凸があり、塗床材の下には空隙が残る。金ゴテ仕上げをしたから全く隙間がないと思うかもしれないが、決してそうではない。

ステップ2：その空隙の上の塗床裏面に、コンクリート中に含まれている水分が凝縮する。原因は結露である。室内の温度変化により、コンクリート温度と塗床材の温度に位相差が生じるからである。

ステップ3：エポキシ塗床材から水可溶成分（ここではエチルセロソルブ）が、わずかであるが溶けだす。

ステップ4：下地コンクリート中の水分が、コンクリートの半透過性のために移動してくる。

ステップ5：浸透圧が塗床材を押し上げる。そして塗床材のクリープ性のためにふくれは大きくなる。

これが我々の長期間の研究により明らかにしたエポキシ塗床のふくれメカニズムである。

おわりに

ところでこの研究が世間の役に立ったどうかと聞かれると実は微妙である。メーカーは製品の改良や開発の根拠として役立ったかもしれないが、表向き大きな反応はなかった。ただこの研究の成果が建築学会論文集に掲載された翌日、ゴルフを趣味とされる先輩教授から朝一番電話をいた

だいた。愛用されているゴルフ場の塗床にふくれがあり、「どうしてふくれているのかわからなかったが、これでわかったよ！」とのことであった。だからちょっとは役に立ったのかもしれない。

それにしてもここまでの結論にたどり着くまで、皆で推理と実験を重ねた。幸い優秀なシャーロックホームズ君がたくさん集まってくれた。こうやって当時の事を回想していると、私は単にワトソン君に過ぎなかったのかもしれないと思う。まさに研究は、推理小説というエンターテイメントである。

* 土間スラブ

地面に支えられた鉄筋コンクリート床のこと。地盤に直接荷重が伝達されるため鉄筋量が少なくすむので、1階の床に用いられることが多い。

** 浸透圧

濃度の異なる液体は半透過膜を通して、濃度の高い方に移動するが、濃度の高い液が低い液から水を引き寄せる力のこと。

*** クリープ

物体に持続荷重が作用すると、時間の経過とともに変形が増大する現象。

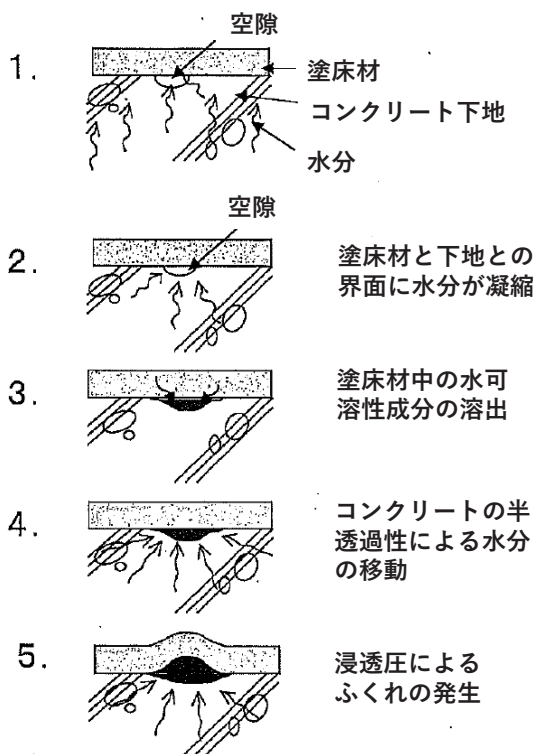


図15 エポキシ塗床ふくれ発生メカニズム

参考文献とこれに関して発表した論文

- 1) W. J. Warlow, P. W. Pye: Osmosis as a cause of blistering of in situ resin flooring on wet concrete; Magazine of concrete research, Vol. 30, No.104, pp.152-156, 1978
- 2) 田中享二, 内田昌宏, 大森 修, 橋田 浩, 湯浅 昇: 塗床のふくれ発生機構の一考察, 日本建築学会構造系論文集, 第488号, pp.25-30, 1996,10
- 3) 田中享二, 内田昌宏, 大森 修, 斐 基善: 塗り床のふくれ発生に及ぼす下地コンクリートの影響, 日本建築学会構造系論文集, 第493号, pp.1-7, 1997.3
- 4) 田中享二, 斐 基善, 湯浅 昇: セメントモルタルの半透過性に起因する浸透圧の測定, 日本建築学会構造系論文集, 第495号, pp.9-13, 1997.5
- 5) 田中享二, 松原知子, 内田昌宏, 池田学: エポキシ樹脂系塗り床材のクリープ性状とふくれの成長, 日本建築学会構造系論文集, 第525号, pp.15-20, 1999.11
- 6) 内田昌宏, 田中享二: エポキシ樹脂系塗り床の付着性に及ぼすセメントモルタルの表面粗さの影響, 日本建築学会構造系論文集, 第531号, pp.41-46, 2000.5



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

建 材 への道のり

連載

vol.13

茅材編

工学院大学 教授 田村雅紀

1 はじめに

古来より、日本建築には数多くの植物材料が用いられてきた。茅（かや）や藁（わら）もそのひとつであり、一般に植物の組織を構成する維管束が一定の配列で集まった束状の構造を有している。

茅はイネ科の多年草植物を屋根葺き材料として用いた際の総称であり、その原料としては、水辺で生育したヨシ（アシ）、陸地で生育したススキなどが当てはまり、生育場所呼び名が変わる。茎の太さで用途が分かれる傾向もあり、一般にススキはヨシよりも茎が細い。双方ともでんぷん質を蓄えて実を成らすことはないので茎の耐久性が優れ、古くから屋根材として用いられてきた。一方、藁は、稲藁や麦藁の刈取り後の茎を採取して用いる材料のため、繊維組織が弱くて腐りやすく、一般農家の屋根や納屋などに限定的に用いられてきた。

2 茅の歴史

茅葺きによる屋根は、ススキやヨシなどのイネ科の植物

が育つ世界各地で用いられており、最も原初的な屋根といえよう。日本では農耕の始まりとともに茅を用いた屋根だけの住居が作られたと考えられており、縄文時代に広がった竪穴式住居はその典型といえる（表1）。12世紀末になると、自然素材によるわび・さび（侘・寂）の精神性を表現した「草庵風茶室」と呼ばれる建築が登場し、茅材は屋根材の表層や支持部で多用され、茅材としての個性が大きく発揮された建築となった。そして現在、式年遷宮で知られる伊勢神宮・内宮の茅葺屋根が定期的に葺き替えられることや、合掌造りで知られる白川郷・五箇山の集落における地域住民の共同作業である「結（ゆい）」の文化が形成されていることなど、茅自身の素材としての特性がその土地の風土や建築文化に大きな影響を与えていそうである。

3 茅の性質

表2に茅の性質を、表3に茅材の生育と採取・保管を示す。茅は、樹木にならない植物であり、温帯から熱帯にかけての湿地帯に広く分布する。成長するに従い、地上には茎と葉が、地面下には地下茎と根が形成され、十分な気温と適度な日照ならびに水分の供給が得られる夏によく成長する。刈取りは秋から冬にかけて行われ、乾燥処理後に屋根材料を中心に用いられている。

4 茅葺き施工

日本の各地には、現在、茅を屋根に用いた古民家が数多く残されている。日本民家の屋根形態として代表的な寄棟造り、切妻造り、入母屋造りの屋根をはじめ、地方に特有の合掌造り、曲り屋、かぶと造りなど、様々な屋根形態を有する古民家に茅葺きが適用されてきた。また、歴史的・

表1 木質材料に関わる歴史



年	項目	
縄文時代中期	農耕が始まり、ススキ・ヨシのイネ科多年草の草原が拡大。竪穴式住居など、茅を用いた屋根だけの原初的な建物が発達	 <p>三内丸山遺跡・青森（縄文）</p>  <p>京都高台寺傘亭・京都（安土桃山）</p>
鎌倉～安土桃山時代	庶民の住まいから自然素材を多用した草庵風茶室、更には大規模な社寺などの屋根葺き材に多用される	
江戸時代	防火対策で茅葺きによる屋根施工が禁止される事例があり、屋根形式が多様化する	
現代～	地場産業の活性化や伝統的建造物の保存再生の動向とともに茅葺屋根の建築が復興	

表2 茅の性質

分類	骨格主成分
ススキ	陸地で採取されるため、山茅とも呼ばれる。原初的な屋根である茅葺屋根の中心的な材料であり、茎に含まれる水分が多いと腐朽が生じやすくなるため、採取時期と乾燥条件に配慮がなされ、材料の耐久性を高めるためには煙で燻す場合もある。
ヨシ	水辺で採取されるため、ウミ茅とも呼ばれる。生育環境によっては、地下茎が1年に数m程度伸び、暑い夏によく成長し、干潟や河川の下流域や干潟などにヨシ原を分布させる。北上のヨシ原は有名である。

表3 茅材の生育と採取・保管

			
1) ヨシの茅場（北上川）：水辺に生育。腐食しにくい秋冬に採取	2) 茅材の保管：茅場で採取した束を、乾燥状態で保管	3) 茅葺材の利用：重ね束にして運搬し、現場で屋根材に利用	4) 簾材への利用：日除け等のため全国のホームセンター等で販売

表4 茅葺屋根の施工方法






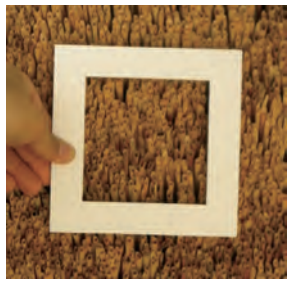


			
1) 屋根架構材の施工：竹垂木で野地面を作り、茅材取付けの準備	2) 平葺き面の施工：専用の針で垂木を介し茅束を固定	3) 平葺き面の叩き処理：屋根形状を整え、刈込み仕上げの準備	4) 大ハサミによる刈込み：茅の根本を刈込み、真葺面が揃えられる

表5 茅葺屋根の形態特性

			
1) 茅端部：ヨシは中空で、ススキは白・赤の真綿状物質を有する	2) 茅の面密度：10cm 角内に含まれる茅の本数の測定状況	3) 屋根断面の束密度：軒先60cm程に茅束3層程の重なりを確認	4) 屋根断面の形状：各種の勾配屋根で防水性・断熱性を確保

文化的な価値が高い国宝級の建物や、伝統的建造物群保存地区の建物などにおいても永きに渡り茅葺きが適用されてきた。

表4に茅葺屋根の施工方法を、表5に茅葺屋根の形態特性を示す。茅葺屋根は、竹垂木による野地面を形成して屋根材を支え、一般的に茎の根元を下に向けて葺く「真葺（まさぶき）」で葺き上げ、屋根裏側から表層にかけて、断熱層にもなる重厚な屋根層を形成する。なお、穂先を下に

向ける「逆葺（さかぶき）」も存在するが、屋根厚さが関係する耐久性の観点から、日本では限定的な建物にしか用いられていない。

5 木質材料の軸・面材による建築の姿

表6に茅材の利用・展開を示す。茅材は身近にある植物材料であったことから、日々の生活や住まいを営む上で必

表6 茅材の利用・展開

			
<p>1) 軒先を飾る簾：日本建築の軒の深さを活かす新たな試みの展開</p>	<p>2) 茅葺屋根の構築手順：断面部材で工程の可視化に貢献</p>	<p>3) 消防対策技術の開発：茅葺向けの新技术により伝統技術を長命化</p>	<p>4) 部位用途の拡大：屋根から壁に展開し、新たな遺産的価値を拡充</p>

要な用途を具体的に位置づけて、使用・維持することは非常に重要な取り組みといえ、旧来からある堆肥利用などの仕組みを再構築する観点も、現代になり改めて評価されている。SDGsのゴール15に「陸の豊かさを守ろう」とする開発目標があるが、茅材の新たな用途開発や維持保全対策を検討するにあたり、自然素材の特性を陸や海といった大局的な環境保全の観点からうまく展開させる仕組みが必要といえる。

一方で、近年は伝統的な建物による観光資源価値が再評価されているため、屋根材の防火対策など、素材そのものの劣化現象に起因した基礎的な課題の解決に加え、安全性を担保した上で茅葺きが適用される部位用途の拡大を図るような新たな視点を構築する取り組みも大切である。

参考文献

野口貴文ほか，ベーシック建築材料，彰国社，2010
 全国社寺等屋根工事技術保存会，先人達の屋根技術，2009



profile

田村雅紀

工学院大学 教授

1973年岐阜県生まれ
 専門分野：建築材料学
 主要著書：「ベーシック建築材料」，
 「ものづくりからみた建築の仕組み」

「コンクリート採取試験技能者認定制度」 下期認定試験を船橋試験室で開催

工事材料試験ユニット 検定業務室

business report 2021

1.はじめに

コンクリート採取試験技能者認定制度の2021年度下期認定試験を、1月30日(一般)と2月5日(高性能)に船橋試験室で開催しました。一般区分(普通コンクリート)では33名、高性能区分(高流動コンクリート)では33名の採取試験技能者が受験しました。

本制度は、工事現場での品質確保の重要性に鑑み、採取試験に携わる方々を技能資格者として位置づけるとともに、コンクリート採取試験技能の向上を図ることを目的としています。

2.大樹七海先生のご見学

1月30日の一般区分認定試験では、本誌2021年9・10月号でも寄稿を執筆頂き、当センターSNSでも親しくさせて頂いている“弁理士・作家”の大樹七海先生に来所頂きました。実技試験を見学頂いたほか、試験運営委員会主査・中田善久先生や、砺波工事材料試験ユニット長と意見交換をされる場面もありました。

大樹先生からは、以下のコメントを頂きました(大樹七海先生 Twitter@ookinanami73 より引用)。

『各地からコンクリート専門家(試験官等)が豊富に投入され、驚きました。きめ細やかで公正な認定試験が行われ、受験者が見事にコンクリートを扱う実技試験を拝見しました。』

建材試験センターSNS担当・建介さんから、本日のコンクリート採取試験について、資料や説明頂き、事前学習済の上で見学させて頂きました。

コンクリートへの信頼、これは人への信頼であり、こうした試験を通じ、技術者同士の研鑽や伝承があり、関連の熱いお話し、実に色々なことを学びました。』

大樹先生とは、本誌新企画も計画しておりますので、2022年度の本誌もご期待下さい。

3.(一財)日本建築総合試験所の皆様との交流

2月5日の高性能区分認定試験には、(一財)日本建築総合試験所から3名の方が来所されました。同法人でも、「コンクリート現場試験技能者認定制度」として講習・試験を行い、建設現場で実施されるコンクリートの試験業務を適正に行う力量を持つ試験技能者を認定されています。

2021年末には、当センターの職員が、福岡で開催された同認定制度実技試験を見学させて頂きました。今回は、双方の見学を経ての意見交換や情報交換を行いました。

4.おわりに

2021年度も受験生や関係者の皆様にご協力頂き、感染防止対策を取りながら認定試験や講習会を実施できました。

2022年度の予定を以下に示します。このほか、宮城や香川の認定試験も予定が決まりましたら、発表いたします。



試験前の器具チェック



アジテータ車からの生コン試料採取



マンツーマンによる実技審査



大樹七海先生のご見学

【お問い合わせ先】

工事材料試験ユニット 検定業務室

TEL : 048-826-5783 FAX : 048-826-5788

2022年度に開催を予定している講習会および認定試験

項目		開催地	実施予定日	募集期間
講習会	一般・高性能	東京	5月14日(土)	4月1日(金)～4月22日(金)
	一般	東京	5月28日(土)、5月29日(日)	
認定試験	高性能	東京	6月4日(土)	4月4日(月)～5月6日(金)
	一般	福岡	6月25日(土)	4月25日(月)～6月3日(金)
	一般	東京	10月29日(土)	9月12日(月)～10月14日(金)
講習会	一般・高性能	東京	10月29日(土)	9月12日(月)～10月14日(金)
	一般	東京	1月14日(土)、1月15日(日)	
	高性能	東京	1月21日(土)	11月7日(月)～12月23日(金)

※2022年度より秋期講習会・認定試験の開催はありません。予定は変更・中止する場合があります。
最新版はホームページ(<https://www.jtccm.or.jp/biz/kentei/tabid/480/Default.aspx>)をご確認ください。

硬化コンクリートの性質 ～強度性状～

1. はじめに

前はフレッシュコンクリートの概要と関連試験について紹介しました。今回から硬化コンクリートの性質について紹介します。

強度は硬化性状の中でも、構造物の安全性を支える特に大事な指標です。例えば、日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」では、コンクリートの品質を“工事に使用するコンクリート”と、“構造体コンクリート”に分けて規定しています。前者はフレッシュコンクリートに、後者は硬化コンクリートに求められるものです。構造体コンクリートへの要求性能の一つ“構造安全性”では、構造体コンクリート強度が設計基準強度および耐久設計基準強度を満足することが求められています。

本稿では圧縮強度を中心に、強度性状を取り上げます。

2. 硬化コンクリートの強度性状

2.1 圧縮強度¹⁾²⁾

(1) 圧縮強度の重要性

コンクリートの力学的性質は、圧縮強度、引張強度、曲げ強度などで表されます。一般的にはコンクリートの強度というと“圧縮強度”を示し、大事な指標となっています。その理由を以下に示します。

1) 圧縮強度が他の強度に比べて大きく、鉄筋コンクリート部材の構造設計にも利用されている。

2) 圧縮強度から、他の強度性状や変形状、耐久性などの概略推定が可能である。

3) 圧縮強度の試験方法が他の強度に比べて簡易である。

(2) 圧縮強度の供試体と試験方法

コンクリートの圧縮強度試験供試体の作製についてはJIS A 1132 (コンクリート強度試験用供試体の作り方)に、圧縮強度試験方法についてはJIS A 1108 (コンクリートの圧縮強度試験方法)に規定されています。圧縮強度の供試体作製と試験状況を写真1に示します。

同規格では、供試体として直径に対する高さ比が2、かつ、粗骨材の最大寸法の3倍以上の直径を有する“円柱供試体”が規定されています。φ100×200mm、φ125×250mm、あるいはφ150×300mmの寸法のものが一般的ですが、建築では主にφ100×200mmの供試体を用いられています。この供試体を用いて試験し、求めた最大荷重を、次式に示すように断面積で除した値を“圧縮強度”として算出します。

$$\sigma_c = \frac{P}{\pi (d/2)^2}$$

ここに、

σ_c : 圧縮強度 (N/mm²)

P : 最大荷重 (N)

d : 供試体の直径 (mm)

2.2 圧縮強度に影響を及ぼす要因¹⁾³⁾

圧縮強度に影響を及ぼす要因を各視点から紹介します。

(1) 材料の品質

1) セメント強度

セメント強度はコンクリートの強度に密接な関係を及ぼします。JIS R 5201 (セメントの物理試験方法)によるセメントの圧縮強さをKとした場合に下式となります。

$$F_c = K (A + BX)$$

ここに、

F_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

X : セメント水比

A, B : 各種セメントで実験によって定まる定数

2) 骨材強度

普通強度の範囲では、コンクリートの圧縮強度は粗骨材とモルタルの

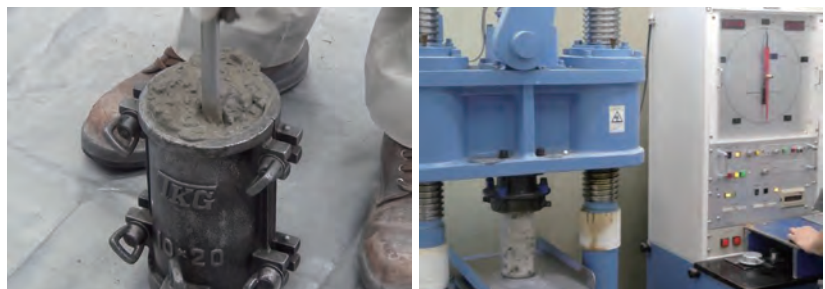


写真1 圧縮強度試験

界面のひび割れで決まることが多く、骨材自体の強度の影響は大きくありません。しかし、低強度の骨材を用いると、骨材自体が破壊するため、セメント水比を増加させてもコンクリート強度は大きくならず、頭打ちとなる傾向があります。

3) 粗骨材の表面性状

粗い表面性状の骨材は、セメントペーストとの付着が良いため、コンクリート強度が大きくなります。例えば、表面の粗い碎石をコンクリートに用いると、同じ水セメント比で表面が滑らかな川砂利を用いた場合より、強度が増す傾向があります。

(2) 配合

水セメント比が一定の時、空気量1%の増加によって圧縮強度は4～6%低下します。しかし、混和剤によって空気を連行したAEコンクリートにすれば、あるワーカビリティを得るのに必要な“単位水量”を減らすことができます。同じ単位セメント量でスランプを一定とした場合には、水セメント比を小さくでき、結果としてAE剤を用いないコンクリートとほぼ同等の強度が得られます。

(3) 施工方法

- 1) 練混ぜ時間が短すぎると、セメント粒子が分散せず十分な強度が得られないことがあります。硬練りのもの、骨材寸法の小さいもの、粉体量が多いものほど長くする必要があります。
- 2) 練り混ぜ後に放置したコンクリートを、水を加えずに練り返して打ち込み、十分に締め固めれば、強度は一般に大きくなります。
- 3) 振動機を使用して締め固めを行う場合、硬練りコンクリートでは強度が大きくなりますが、軟練りコンクリートではその効果が小さくなります。
- 4) コンクリートは、成型時に加圧して硬化させると、一般に強度は大きくなります(遠心力法、真

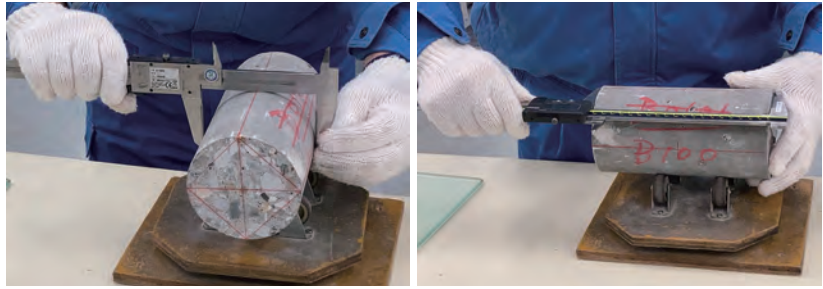


写真2 直径および高さの測定

空法、機械的加圧法、転圧法)。

(4) 供試体の作製

供試体作製時の不均質や充填不足などの良否は強度に影響します。供試体の作製方法については、詰め方、突き方、叩き方などがJIS A 1132に規定されています。

(5) 材齢

- 1) コンクリート強度の増進は、セメントの水和の進行によります。
- 2) コンクリートの強度増進は材齢7日～14日くらいまで大きく、材齢28日～90日ではほぼ安定します。材齢1年以上の長期における強度増進は一般に小さくなります。

(6) 養生

- 1) 乾燥させると一時的に見かけ上の強度は上昇しますが、その後の強度の増進は小さくなります。
- 2) 養生温度が高いと初期強度が大きくなるものの、長期強度は小さくなります。

(7) 供試体の形状および寸法など

- 1) 供試体の形状により、強度は異なる値を示します。イギリスなどで用いられている立方体供試体の強度は、我が国で用いられ

ている円柱供試体の強度より大きくなる傾向があります。

- 2) 円柱供試体の直径に対する高さの比が大きくなるほど、強度は小さな値を示します。JIS A 1108では、高さ h と直径 d の比 h/d は2.0とされています。
- 3) 供試体の形状が相似であれば、寸法が大きいほど強度は小さな値を示す傾向があります。
- 4) 寸法には型枠の精度が影響してきます。型枠も長く使用していると断面が楕円形状になる場合があります。所定の供試体精度を確認するための寸法測定方法(直径および高さ)はJIS A 1108に定められており、一般的にはノギスを使って測定します。測定状況を写真2に示します。

(8) 供試体の載荷面

1) 載荷面の凹凸

キャッピングや研磨などによる供試体載荷面の平面度や直角度などの良否は、強度に影響し、精度が定められています。載荷面が凸の場合に特に影響が大きく、見掛けの強度が30%程度低下する場合があります。



写真3 平面度および直角度測定⁴⁾

また、供試体端面をセメントペーストで均す“キャッピング”が厚すぎる場合も、強度低下が起きる場合があります。

平面度および直角度の測定方法は、建材試験センター規格JSTM C 2105（コンクリートの圧縮強度試験用供試体の平面度及び直角度測定方法）に定められており、平面度測定器や直角度測定器を使って行います。

測定状況を写真3に示します。

2) 載荷面の摩擦

載荷板と供試体端面の摩擦の作用によって、供試体の端面の水平方向の変形が拘束されます。加圧端面近傍で強度が不均等となるため、強度は端面摩擦のない均等な圧縮応力分布のもとで加圧した場合の強度よりも増大します。そのため、供試体端面と載荷板との間には減摩材（テフロンなど）を入れないように規定されています。

(9) 供試体の状態

強度試験時に供試体が乾いていると濡れている場合より強度が大きくなり、供試体の温度が高いほど強度は小さくなる傾向があります。よって20℃前後で湿潤に保って試験に供する必要があります。

(10) 載荷速度

試験時の載荷速度が速くなれば見掛けの強度は増大します。JIS A 1108では、載荷速度は 0.6 ± 0.4 N/mm²/secの範囲に規定されています。（φ100mmでは約4.7kN/sec）

2.3 変形性状¹⁾²⁾³⁾

圧縮強度試験に伴う変形性状について紹介します。

(1) 静弾性係数

コンクリートを圧縮すると、圧縮力が大きくなるほどコンクリートは縦に縮むことになります。同形状の供試体の同圧縮応力度時でもコンクリートによって変形量が異なり、縦方向のひずみと圧縮応力度の関係から、“静弾性係数”という指標で評価しています。同じ圧縮応力度時のひ

ずみが小さくなると静弾性係数は大きくなります。静弾性係数の大きなコンクリートで構築された構造物は、“変形しにくい建物”となります。

試験方法はJIS A 1149（コンクリートの静弾性係数試験方法）で規定されています。圧縮強度試験時に、供試体にコンプレッソメータ又はひずみゲージ（ワイヤーストレインゲージ）を取り付けて測定します。最大応力時の1/3の応力点と縦ひずみ 50×10^{-6} 時の応力点を結んだ割線から次式で“静弾性係数”を算出します。

$$E_c = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\varepsilon_1 - 50 \times 10^{-6}} \times 10^3$$

ここに、

E_c : 静弾性係数 (kN/mm²)

σ_1 : 最大応力時の1/3の応力度

(N/mm²)

σ_2 : 50×10^{-6} 時の応力度 (N/mm²)

ε_1 : σ_1 時の供試体の縦ひずみ

静弾性係数試験状況を写真4に、圧縮応力度－縦ひずみ曲線の一例を

図1に示します。

静弾性係数は、圧縮強度および気乾単位容積質量と関係があり、NewRC式などの計算式も提案されています。また、コンクリートの弾性係数は鋼材の1/10程度で、その比を“ヤング係数比”といい、設計にも用いられています。

(2) ポアソン比

物体に軸方向の力を加えると、その方向の縦ひずみとともに、直角方向に横ひずみが生じます。これらのひずみの絶対値の比を“ポアソン比”、その逆数を“ポアソン数”といいます。コンクリートの圧縮時のポアソン比は一般的には1/7～1/5程度です。

ポアソン比は静弾性係数と共に測定し、ひずみゲージを用いて測定することが多いです。測定器としては“エクステンソメータ”という横ひずみを測定する機器もありますが、コンプレッソメータとの干渉などを注意する必要があり、今はあまり使



写真4 静弾性係数試験

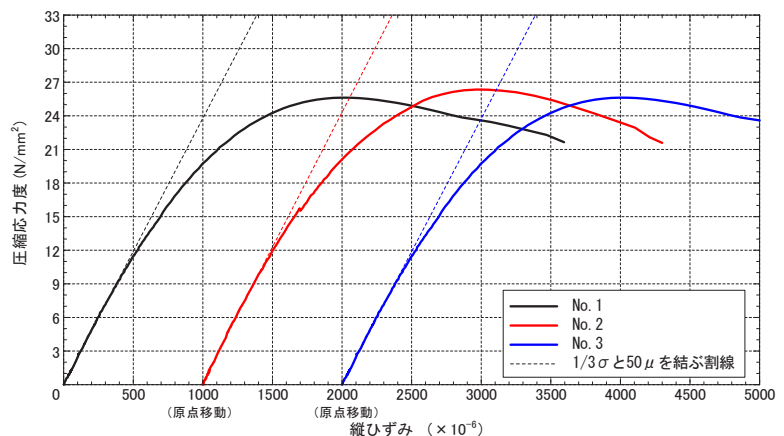


図1 圧縮応力度－縦ひずみ曲線

われていないようです。

2.4 その他の強度¹⁾²⁾

コンクリートの圧縮強度以外にも、力学的性質を表す以下の強度があります。一般的なコンクリートの引張強度や曲げ強度は、圧縮強度に比べて一桁低い値となります。

(1) 引張強度

引張強度は、圧縮強度に比べて小さいため、RC構造物の曲げ設計においては無視されますが、乾燥収縮や温度変化によるひび割れの発生を予測するうえで重要です。引張強度は、一般的に圧縮強度の1/13～1/10程度ですが、高強度コンクリートになるとその比は小さくなります。

試験方法は直接引張と割裂引張がありますが、直接引張試験は特殊な治具を必要とし、試験が煩雑です。

“割裂引張試験”は、JIS A 1113（コンクリートの割裂引張強度試験方法）に規定されており、直接引張強度と同等の結果が得られるため、よく用いられています。この試験では、圧縮強度試験と同様に円柱供試体を用い、供試体を寝かせて鉛直方向に圧縮荷重を加え、最大荷重を求めます。破断面の長さを測定し、次式で引張強度を算出します。供試体の中心軸を含む一様な引張力が鉛直面に生ずることを利用したものです。

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi dL}$$

ここに、

σ_t ：引張強度 (N/mm²)

P：最大荷重 (N)

d：供試体の直径 (mm)

L：供試体(破断面)の長さ (mm)

割裂引張強度試験状況を写真5に示します。

(2) 曲げ強度

曲げ強度は舗装コンクリートの品質管理、コンクリート管や杭の品質判定や、曲げひび割れ発生の予知などに用いられます。曲げ強度は、一般的に圧縮強度の1/8～1/5程度となっています。



写真5 割裂引張強度試験



写真6 曲げ強度試験

試験方法は、JIS A 1106（コンクリートの曲げ強度試験方法）に規定されています。100mm×100mm×400mm又は150mm×150mm×530mmの角柱供試体を用いて、“3等分点載荷装置”で載荷します。破断面の寸法を測定し、次式で最大曲げモーメントを断面係数で除して曲げ強度を算出します。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{PL}{bh^2}$$

ここに、

σ_b ：曲げ強度 (N/mm²)

M：曲げモーメント (N・mm)

Z：断面係数 (mm³)

P：最大荷重 (N)

b：破断面の幅 (mm)

h：破断面の高さ (mm)

曲げ強度試験状況を写真6に示します。

繊維補強コンクリートでは、同時にたわみを測定して“曲げ靱性係数”（粘り）を算出する曲げ靱性試験（曲げタフネス試験）もあります。

(3) せん断強度

コンクリートはせん断強度のほうが引張強度より小さいため、直接せ

ん断強度で破壊が決まることはあまりないと言われています。しかし、打継部などではせん断力で破壊する場合があります。

せん断強度は直接求めるのは難しいと言われていますが、特定せん断面で強制的に破壊する直接せん断試験方法が行われています。例として、日本コンクリート工学会 (JCI) 規準 JCI-SF6（繊維補強コンクリートのせん断強度試験方法）という方法があります。

同方法では、二面せん断治具に供試体を設置し、2か所にせん断力を与え、最大荷重を求めます。破断面の寸法を測定し、せん断強度を次式で算出します。

$$\sigma_s = \frac{P}{2bh}$$

ここに、

σ_s ：せん断強度 (N/mm²)

P：最大荷重 (N)

b：破断面の幅 (mm)

h：破断面の高さ (mm)

せん断強度試験状況を写真7に示します。この方法では2か所のせん断面が同時に破断するとは限らない

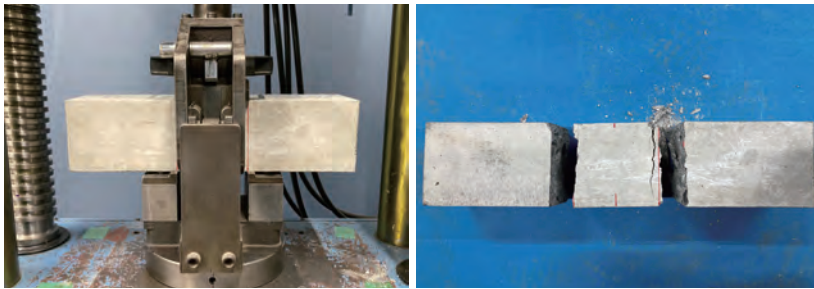


写真7 せん断強度試験

ため、やや安全側の評価になります。

(4) 付着強度

付着とは、二つの材料間の接着具合や、二つの材料間のずれ変形に関係する指標で、その強度を付着強度と呼んでいます。二つの材料間の付着強度としては、コンクリートとモルタルの付着強度や、新・旧コンクリートの付着強度があります。ずれ変形に関連する付着としては、コンクリートと鉄筋との付着強度などがあります。ここでは鉄筋とコンクリートとの付着強度について紹介します。

鉄筋とコンクリートの付着力を構成する要素は、①鉄筋とセメントペーストの純付着力、②鉄筋とコンクリートとの間の側圧力に基づく摩擦力、③鉄筋表面の凹凸による機械的抵抗力、などです。

鉄筋とコンクリートとの付着強度試験方法としては、引抜き試験、両引き試験、押抜き試験、梁試験などがあります。試験方法によって求められる付着強度の大きさは異なりますが、引抜き試験方法が比較的簡易で、鉄筋の表面状態を評価できるため、よく用いられています。例とし

て、建材試験センター規格JSTM C 2101 (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) という方法があります。

同方法では、立方体のコンクリートに横打ちで埋め込んだ鉄筋を、加圧板を介して引張荷重を加えます。荷重と同時に鉄筋の自由端のすべり量を測定し、所定すべり量時の初期付着強度、最大付着強度を次式で算出します。

$$\tau = \frac{30}{\sigma_c} \times \frac{P}{4\pi D^2}$$

ここに、

τ : 付着応力度 (N/mm²)

P : 最大荷重 (N)

D : 鉄筋の公称直径 (mm)

σ_c : 同時に作製した円柱供試体の付着強度試験時の圧縮強度 (N/mm²)

付着強度試験状況を写真8に、付着応力度-すべり量曲線の一例を図2に示します。

類似の試験として、JCIや諸外国の規格では、割裂防止のらせん筋を内部に入れる方法や、立て打ち(打設面が加圧面)による方法が定められ

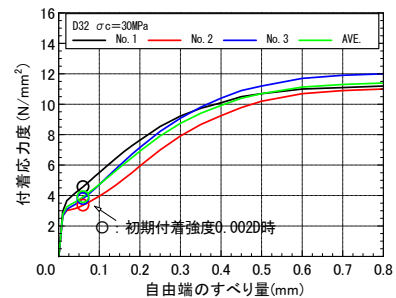


図2 付着応力度-すべり量曲線

ています。

(5) その他の強度

橋脚の支承やプレストレストコンクリートの定着部などを対象とした“支圧強度”、地震や交通機関振動あるいは動力機械振動などを対象とした“疲労強度”といった指標もあります。また、二軸あるいは三軸圧縮などの複合加力試験も提案されています。

上記以外にも、ねじれ、硬さ(表面硬度)や耐衝撃性、耐摩耗性などもコンクリートの強さを表す指標の一つと捉えることもできます。

3.おわりに

硬化コンクリートの各種強度と関連試験について紹介しました。圧縮強度試験の目的については、本稿では紹介しきれませんでしたので、別の回で改めて紹介します。

今回は硬化コンクリートのその他の物性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) 谷川恭雄, 太田福男, 尾形素臣ほか：構造材料実験法(第3版)：2003
- 3) 日本建築学会関東支部：コンクリートの調査と施工, 2015
- 4) 工事材料試験所 品質管理室：「コンクリート供試体研磨機」の検査について, 建材試験情報 vol.51, pp.16-17, 2015.7

author

若林和義

経営企画部 経営戦略課 主査



写真8 付着強度試験

各試験所および試験室への施設見学来訪情報

2021年12月～2022年1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。
 常時、各試験所及び試験室への見学を受け付けておりますのでお気軽に各企画管理課へお問い合わせください。
 また、見学頂いた際の様子を当誌やSNSに掲載させていただける団体・企業の方、大歓迎です。

日付	来訪団体企業等	訪問先	目的
2022年1月7日	経済産業省 産業技術環境局	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

フォローをお願いします★

[Facebook] <https://www.facebook.com/jtccm5/>
 [Twitter] <https://twitter.com/jtccm5>
 [YouTube] <https://www.youtube.com/c/jtccm>
 [note] <https://note.com/jtccm5>
 [Instagram] <https://www.instagram.com/jtccm5/>



Facebook



Twitter



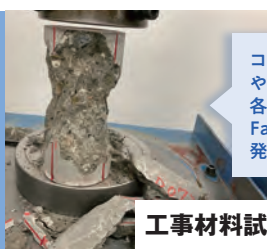
YouTube



note



Instagram



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

コンクリート技士試験受験に関して

[総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ 菱沼 匠]

1. はじめに

前号では、西日本試験所の徳永職員が、コンクリート主任技士を紹介しました。今回、私はコンクリート技士試験の受験について紹介します。

2. コンクリート技士について

前号と重複しているかと思いますが、コンクリート技士はどういった資格なのかお伝えします。

2.1 コンクリート技士とは

コンクリート技士は日本コンクリート工学会の認定資格であり、コンクリートの製造、施工、配(調)合設計、試験、検査、管理及び設計など、日常の技術的業務を実施する能力のある技術が要求されています。

2.2 コンクリート技士の位置づけ

国土交通省：土木工事共通仕様書等において「コンクリートの製造、施工、試験、検査及び管理などの技術的業務を実施する能力のある技術者」と規定されているほか、土木学会「コンクリート標準示方書」、日本建築学会「建築工事標準仕様書 JASS 5 鉄筋コンクリート工事」において、「コンクリート構造物の施工に関して十分な知識および経験を有する専門技術者」と位置づけられています。

また、コンクリート技士の資格は、コンクリート診断士試験の受験資格要件の一つとなっています。

3. コンクリート技士試験受験の流れ

3.1 受験資格について

受験資格としては、一級建築士や一級建築施工管理技士、一級土木施工管理技士等の資格を持っていれば受験可能です。コンクリートの技術関係の業務に携わっている方は、学歴や年齢に関係なく、3年以上の実務経験で、また大学や専門学校等でコンクリート技術に関する科目を履修した場合は、2年以上の実務経験で試験を受験できます。

3.2 受験概要について

試験は1年に1回のみ実施され、札幌・仙台・東京・名古屋・大阪・広島・高松・福岡・沖縄で試験が開催されています。

試験は筆記試験のみで、問題数は約40問、試験時間は、120分となっています。

例年11月下旬に試験が実施され、合格発表は約2ヶ月後の1月中旬となっています。

試験の合格率は、例年30%前後となっています。試験の合格基準点は、公式には発表されていませんが、得点率

70%前後の点数が合否基準だと言われています。また、4年に一度再登録をする必要があり、研修が設けられています。

4. 受験動機と勉強方法

4.1 受験動機

入社時から中央試験所構造グループに所属しており、近年ではあと施工アンカー、プレキャストコンクリート製品の強度試験を担当することが多くなりました。そこで、コンクリートの知識を深めるため、勉強を兼ねて同資格を受験しました。

4.2 勉強方法

問題は、主任技士試験等に比べると難問は多くありません。書店等で販売している過去の問題(4~5年分)を一通り解いて出題傾向を掴んでおけば、合格できるかと思います。ただ、上記の勉強方法の場合で、本質を理解せずにただ答えを暗記すると、実務などで応用できない可能性があるため、おすすめできません。

「コンクリート技術の要点」などの参考書を駆使しながら、コンクリートに関する知識を幅広く勉強しておくことが大切だと思います。私はこの方法で、無事試験に合格し、コンクリート技士を取得しました。

コンクリートに関する知識を幅広く勉強したことで、資格を取得しただけでなく、日々の業務にも繋がっていると思います。

5. おわりに

今回、コンクリート技士の受験について書かせて頂きました。コンクリート技士を取得することで、上位資格であるコンクリート主任技士及びコンクリート診断士取得挑戦にも繋がっていくと思います。

この記事を読んで、少しでもコンクリート技士試験の受験に興味を持って頂いた方、コンクリートに関して元々興味があり知識を深めたい方は、是非、コンクリート技士資格取得に挑戦して頂ければ幸いです。



author

菱沼 匠

総合試験ユニット
中央試験所 構造グループ

<従事する業務>
・非構造部材の構造試験
・RC部材の構造試験
・アンカーの引張及びせん断試験

部 門 紹 介



武蔵府中試験室

明るく元気ハツラツな職場

1. 業務内容の紹介

工事材料試験所では、コンクリートや鉄筋などの工事用材料に関する品質の確保及び材料の受け渡しの際の検査を目的とした試験を実施しております。また、武蔵府中試験室の特色として、道路工事に伴うアスファルト試験も行っております。

一昨年からの新型コロナウイルス蔓延により工事材料試験ユニットでも「働き方改革」が進められました。社内の会議や打合せはもちろん、お客様との立会試験も徐々にリモート対応が可能となり、移動時間および拘束時間の減少により、効率的に業務が出来るようになりました。多方で、試験は、圧縮試験機や万能試験機などの大型設備を使用し実施するため、流行りの「テレワーク」の導入はなかなかできない状況です。しかし、当職員のコロナウイルス感染予防の徹底、来所されるお客様や関連業者のご協力により、コロナ禍でもたくましく日々の業務を行っております。

2. 周辺環境の紹介

武蔵府中試験室は、東京都府中市と国立市の境に位置します。試験室の隣には緑豊かな公園（谷保緑地）が広がり、光合成されたばかりのフレッシュな空気を提供してくれます。小鳥たちのさえずりは、まるでオーケストラのようで、四季折々の自然の変化を感じ「癒し」に包まれながら業務を実施しています。

試験室近辺で歩いていける飲食店の私自身のお奨めは「美濃」という焼肉店です。（近場には此処しかありません（笑））この店のランチではジューシーな焼肉定食やピピンバなどが¥1,000以下で楽しむことができます。焼肉好きの方は是非、ご賞味ください。

3. 職場の雰囲気

武蔵府中試験室では、「顧客第一主義」をモットーに元気ハツラツ業務を行っております。優しく面倒見の良い事務職員は、懇切丁寧な対応が評判です。頼りになる技術職員は、お客様の様々な要望に応え、緑の下の力持ちとして試験室を支えてくれています。

〆とにかく明るい、武蔵府中試験室にお越しください。個性豊かなスタッフがお客様をお迎えます。



武蔵府中試験室ファミリー

2021年度 JTCCMセミナー(性能評価の最新の動向)を ウェビナーで開催しました

[総合試験ユニット 性能評価本部]

総合試験ユニット 性能評価本部では、「性能評価の最新の動向」を2021年12月10日から2022年1月7日までの期間限定で開催しました。本セミナーは、新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、昨年に引き続きオンデマンド配信としました。本セミナーでは、防耐火構造性能評価の基本と最新情報、防火設備の性能評価、防火材料・飛び火・ホルムアルデヒド発散材料の性能評価、区画貫通の性能評価、新規事業として木造軸組工法などに関わる構造性能の技術評価について説明しました。

セミナー期間中は特設ページへ多数のアクセスがあり、本セミナーへの反響が伺えました。

来年度以降もセミナーを開催していく予定ですが、セミナーの内容に関わらず性能評価に関するご質問・ご要望などがございましたら、お気軽に性能評価本部までお問い合わせください。

【お問い合わせ先】

総合試験ユニット 性能評価本部

TEL : 048-935-9001 FAX : 048-931-8324

Mail : seinou@jtccm.or.jp

中央試験所 新防耐火試験棟竣工について

[総合試験ユニット 中央試験所]

総合試験ユニット 中央試験所では、施設機器整備事業の第二期建設工事として新防耐火試験棟が竣工しました。今後、新しい耐火炉を設置し、既存の耐火炉と並行しながら新耐火炉に移行していく計画となっております。

また、新防耐火試験棟では、現在実施している試験の他に「多目的試験室」を新設し、模型箱試験など小規模な燃焼試験を実施することが可能となりますので、お気軽にお問い合わせください。

新防耐火試験棟の最新情報は、SNSや本誌にて随時情報を公開していきます。

【お問い合わせ先】

総合試験ユニット 中央試験所 防耐火グループ

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



新防耐火試験棟外観

建材試験センター規格 (JSTM) に基づく 試験等のご用命とお問合せ先

当センターでは、1992年10月から自主規格として「建材試験センター規格(略称：JSTM)」を制定しています。この規格は、主に建築分野の材料、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に関するもので、現在、以下の規格がございます。

これらのJSTMは、2022年1月24日より、ホームページ上で以下のURLから閲覧できるようになりました。

<https://www.jtccm.or.jp/publication/tabid/721/Default.aspx>

JSTMに基づく試験等のご用命やお問合せは、右欄の部署までお問い合わせいただき、JSTMを是非ご活用ください。

建材試験センター規格 (JSTM) : 23 規格

JSTM 番号	規格名称	制定年	改正年	お問合せ先 担当部署
C2101	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	1992	1999	材料グループ 構造グループ
C2105	コンクリートの圧縮強度試験用供試体の平面度及び直角度測定方法	2016	-	材料グループ 工事材料
C7104	繰返し圧縮応力によるコンクリートの疲労試験方法	1992	1999	構造グループ
C7401	溶液浸せきによるコンクリートの耐薬品性試験方法	1992	1999	材料グループ
C7402	溶液浸せきによるセメントペーストの耐薬品性試験方法	1992	1999	材料グループ
E2105	鉄筋コンクリート用棒鋼機械的継手の機械的性能検査方法	1992	1999	構造グループ
G7101	防水材料等の耐根性評価のための模擬針を用いた試験方法	2011	-	材料グループ
H5001	小形チャンバー法による室内空気汚染濃度低減建材の低減性能試験方法	2005	2013	材料グループ
H6107	建築材料の比熱測定法(断熱型熱流計法)	2016	-	環境グループ
H8001	土工用製鋼スラグ碎石	2008	2016	工事材料
J2001	非耐力壁の面内せん断曲げによる動的変形能試験方法	1998	-	構造グループ
J6112	建築用構成材の遮熱性能試験方法	2011	-	環境グループ
J6151	現場における陸屋根の日射反射率の測定方法	2014	-	環境グループ
J6402	屋根材料の圧力箱方式による漏水試験方法	1992	2002	環境グループ
J6403	金属板葺屋根の水漏れ試験方法(送風散水試験法)	2020	-	環境グループ
J7001	実大外壁等の日射熱による熱変形性及び耐久性試験方法	1996	-	環境グループ
K6101	人工太陽による窓の日射遮蔽物(日除け)の日射熱取得率及び日射遮蔽係数試験方法	1995	2013	環境グループ
K6401-1	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	2016	-	環境グループ
K6401-2	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)	2016	-	環境グループ
L6201	換気ガラリの通気性試験方法	2002	-	環境グループ
L6401	換気ガラリの防水性試験方法	2002	-	環境グループ
O6101	潜熱蓄熱建材を用いた建築材料の蓄熱特性試験方法	2018	2020	環境グループ
W6401	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)	2020	-	環境グループ

【お問い合わせ先】

環境グループ	建材試験センター 中央試験所	埼玉県草加市稲荷5-21-20	TEL : 048-935-1994
材料グループ	建材試験センター 中央試験所	埼玉県草加市稲荷5-21-20	TEL : 048-935-1992
工事材料	建材試験センター 工事材料試験所	埼玉県さいたま市桜区中島2-12-8	TEL : 048-858-2841
構造グループ	建材試験センター 中央試験所	埼玉県草加市稲荷5-21-20	TEL : 048-935-9000

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
TC0721001	2021/12/1	JIS R 3209	複層ガラス	株式会社坂東ガラス店	徳島県徳島市東沖洲2丁目22番地
TC0421002	2022/1/4	JIS A 5371	プレキャスト無筋コンクリート製品	センシン株式会社 本社工場	三重県名張市滝之原 3905 番
TCCN21067	2022/1/4	JIS A 5508	くぎ	肇慶展豊五金製品有限公司	中国広東省肇慶市高新技术産業開発区工業園

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>

フレッシュコンクリート試験 解説動画販売中! (普通・高流動)

社員教育や
学校教育に
活用頂けます

【解説動画内容】

- ・ 試料採取
- ・ スランプ・スランプフロー
- ・ 空気量
- ・ 供試体作製 など

ダイジェスト版を
無料公開中!



お申込みはこちら

建材試験センター 動画販売

検索

【お問い合わせ先】

経営企画部 経営戦略課
TEL : 03-3527-2131

Editor's notes

— 編集後記 —

今年度から「建材試験情報(本誌)」の編集委員に就任しました。20年程前に編集委員を担当した経験がありますが、本誌の電子化をはじめ、具体的な事例を挙げれば切りがないほど、掲載記事の内容や編集業務は大きく変化していました。過去の知識や経験だけでは、新しい流れについていけないことを再認識した1年でした。

話は変わりますが、新型コロナウイルス感染症の第5波も概ね収束状況になり、年末は久しぶりに忘年会を楽しみました。また、新年会や旅行も計画していましたがオミクロン株の猛威で、残念ながら全てキャンセルとなってしまいました。この号が発行される頃には、第6波も収束していることを願うばかりです。

読者の皆様も同様かと思いますが、新型コロナウイルス感染症のパンデミックに伴い、この2年間で、生活様式や働き方が大きく変化しました。当センターの状況については、本誌やHP等で報告させて頂いていますが、最近、前理事長がよく口にされた「最も強い者が生き残るのではなく、最も賢い者が生き延びるのでもない。唯一生き残るのは、変化できるものである。(チャールズ・ダーウィン)」という言葉を思い出す機会が増えています。勿論、この格言は私達に対する教訓ですが、刻々と性質の変わる変異株の

発生状況を踏まえると、コロナウイルスにとっても「生き残るための変化なのかな?」と感じています(単なる私の誤解かもしれませんが)。

人類かコロナウイルスか、最終的にどちらが優位に立つか、また、どのように共生していくか、ワクチンの追加接種をはじめ、今後も様々な対策が講じられていくと思います。素人の私達には、ワクチンや治療薬を開発することはできません。一人一人が遵守すべきことを確実に実行すること、様々な変化に対して速やかに対応し順応していくことが、私たちが優位に立てる唯一の方法かと思います。

この2年間におけるコロナウイルスとの闘いが、急速かつ大きく変化する社会情勢の中で生き残るための貴重な経験になればと思っています。

最後になりますが、本誌の9・10月号で、中央試験所の施設機器整備事業の概要を紹介させて頂きました。第二期建設工事も順調に推移しており、進捗状況についてはSNS等で逐次報告させて頂いていますが、この号が発行させる頃には、新防耐火試験棟の建屋も竣工していると思います。中央試験所では、今後も社会情勢、顧客ニーズ、事業需要の動向等を踏まえて、施設機器整備事業を推進していく方針です。当該整備事業が関係者皆様のニーズや利便性に少しでも貢献できれば幸いです。(真野)

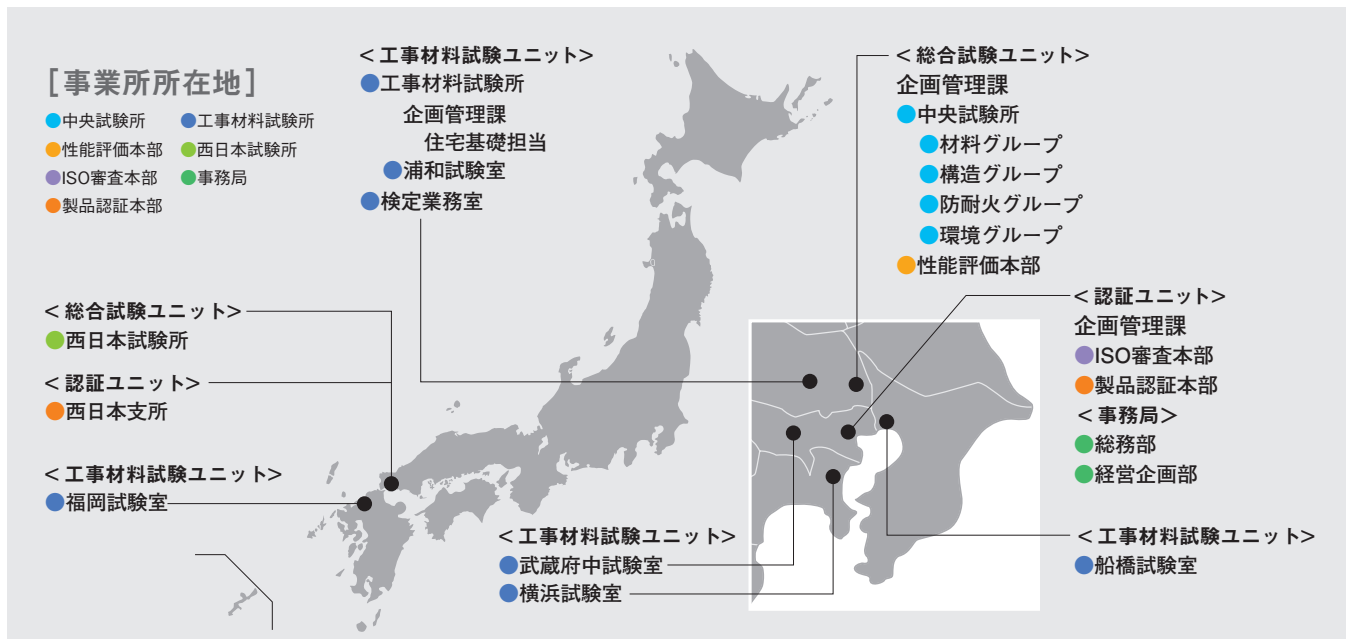
建材試験情報編集委員会

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 3・4月号

発行所	2022年3月31日発行(隔月発行) 一般財団法人建材試験センター 〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町1-10-15 JL日本橋ビル
発行者	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

住宅基礎担当 TEL : 048-711-2093 FAX : 048-711-2612
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

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
(住宅基礎業務は2022年4月1日より企画管理課で承ります。)

< 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・企画調査課 TEL : 03-3527-2131 FAX : 03-3527-2134
(企画調査課は2022年4月1日より電話番号が変更となります。)

