

建材試験情報

JTCCM JOURNAL

2022

5・6

May / June

Vol.58



- 寄稿 ● **02** **建設3Dプリンティング技術の開発と現場適用**
清水建設株式会社 技術研究所 社会システム技術センター インフラ技術グループ 主任研究員 **小倉大季**
- **09** 部門紹介 — 総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ —
- 技術紹介 ● **10** **技術レポート**
**JIS A 1503(木質構造用ねじの試験方法)の
原案作成のための試験方法に関する調査研究**
総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ 主査 **中里匡陽**
総合試験ユニット 西日本試験所 試験課 主査 **早崎洋一**
- **14** **規格基準紹介**
JIS A 1503(木質構造用ねじの試験方法)の制定
総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ 主査 **中里匡陽**
- **18** **試験報告**
**付着層を設けた超高強度合成繊維補強コンクリート(ESCON)と
普通コンクリートの付着強度試験**
総合試験ユニット 中央試験所 材料グループ **齊藤辰弥**
- **20** **試験設備紹介**
防耐火構造試験用自動載荷装置の導入
総合試験ユニット 西日本試験所 試験課 **小椋智高**
- **22** **規格基準紹介**
**JIS S 0122「乳幼児に配慮した製品の
共通試験方法一部品の外れ」の制定**
独立行政法人 製品評価技術基盤機構 製品安全センター技術基準・規格課 主査 **鹿野歩子**
- **26** **事業報告**
2021年度調査研究事業報告
経営企画部 企画調査課
- **28** **業務報告**
「中央試験所新防耐火試験棟(建屋)竣工」のお知らせ
- 連載 ● **30** **各種建築部品・構法の変遷**
vol.18 「わが国における住宅用エレベーター・変遷の概要」
東京理科大学 名誉教授 **真鍋恒博**
- **37** **資格取得者紹介**
3度目の正直～コンクリート診断士の資格取得を通して～
工事材料試験ユニット 工事材料試験所 横浜試験室 主任 **岡田裕佑**
- **38** **基礎講座**
コンクリートの試験の基礎知識
Vol.8 硬化コンクリートの性質～物性(変形性状、体積変化、水密性など)～
工事材料試験ユニット 工事材料試験所 浦和試験室 主査 **若林和義**
- **43** VISITOR
- **44** **事業計画**
2022年度事業計画
- **47** NEWS
- **48** REGISTRATION

建設3Dプリンティング技術の開発と現場適用

清水建設株式会社 技術研究所 社会システム技術センター インフラ技術グループ 主任研究員

小倉大季



1. はじめに

近年、セメント系材料をノズルから吐出して立体形状を積層造形する3Dプリンティング（付加製造）技術の研究開発が世界中で精力的に進められている¹⁾。建設業における3Dプリンティング技術は、コンクリート工事における型枠不要の機械化された施工を可能にするため、省人化や生産性向上に寄与するだけでなく、意匠の自由度向上や設計の合理化、型枠廃棄ゼロによる環境負荷低減などを実現できる技術としても期待される。

欧州、米国、中国、中東などの海外では、既に建設スケールの3Dプリンティング技術を用いて構造物そのものを施工している事例もいくつかある。一方、国内では3Dプリンティング技術を用いて種々の積層体が試作されているものの²⁾、実験的な段階に留まっているケースが多く、実用性の観点での知見は少ない。今後、国内でも当該技術が広く適用されていくためには、実現場への適用事例を増やしていき、知見やデータを蓄積することが重要であると考えられる。

そこで本稿では、3Dプリンティング技術の実用性の観点での知見の整理を目的として、二つの実プロジェクトへ

の適用事例を紹介する。一つは国内で3Dプリンティングを実際に供用される構造柱の型枠に対して初めて適用した事例であり、もう一つはグラデーション色の曲面ベンチへの適用である。最初に、筆者らが開発した高品質な積層体を造形できる3Dプリンティング技術の概要について述べ、次いで、これらの実用化事例について報告する。

2. 3Dプリンティングシステム

建設スケールの3Dプリンティングにはいくつかの方式があるが、主流となっているのは**写真1**のようにフレッシュ状態のセメント系材料をノズルから押し出して積層することで、立体形状を作製する技術（材料押出方式）である。著者らが開発した3Dプリンティング技術もこの材料押出方式に分類される。

開発した3Dプリンティングシステムは、6軸垂直多関節型ロボット（ロボットアーム）、材料移送用のポンプとホース、材料を吐出するノズル、ならびにそれらを統合制御するソフトウェアから構成される。3Dプリンティングは、以下の手順で実行される。

- 1) 材料を移送ポンプのホッパーに投入する。
- 2) ポンプとホースを使用して、材料をロボットアーム



写真1 材料押出方式の3Dプリンティング技術

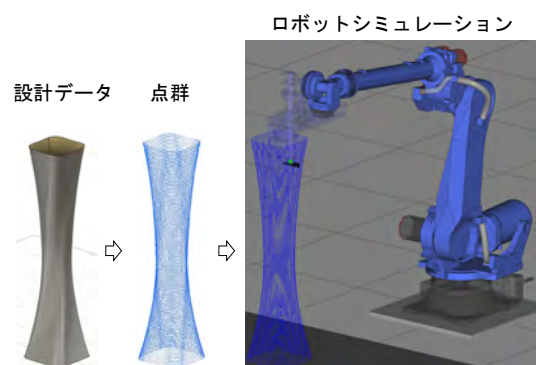


図1 ロボットプログラムの生成フロー

先端のノズルに移送する。

- 3) ノズル先端の位置をロボットアームで制御することで、材料をノズルから吐出しながら所定の形状に積層する。

ロボットアームは、ノズルの中心が所定のプリント経路上を動くようにロボットプログラムで制御される。図1に、ロボットプログラムの生成過程を示す。ロボットプログラムの生成では、積層体の設計モデルである3次元CADデータを層の間隔ごとに水平にスライスし、各層におけるスライス断面を得る。このスライス断面が各層のプリント経路を表す曲線に相当する。この曲線から任意の間隔で連続的に点群データを取り出して、その3次元座標群からロボットプログラムを生成する。このとき、プリント速度やプリント1層あたりの高さなどのプリントに関する各種パラメータは、任意の値をそれぞれ設定することができる。

ロボットプログラムを作成するまでの一連の処理は、3次元CADソフトウェアとAPIを用いたプログラミングによるソフトウェアを組み合わせれば、短時間で実行可能であり、プリントを即座に開始できる。また、ロボットプログラムができれば、ロボットシミュレーションによる仮想プリント実験を実施でき、実際にプリントする前に、プリントに要する時間などをあらかじめ予測することも可能である。このように、デジタルデータを介して設計から製造までを連続的に実行できる点は、3Dプリンティングの特徴といえる。

3. 3Dプリンティング用のセメント系材料

材料押出方式の3Dプリンターでセメント系材料を積層造形する場合、材料に要求される性能は、当然ながら従来のコンクリートに求められる性能とは異なる。まず、細径のホースやプリントヘッドのノズルを通過させて移送しやすい性能（押し出し性）が必要である。この性能が低い場合、ノズルなどで材料の閉塞が起きる可能性がある。また、プリントされた材料は、次にプリントする層（上層）の自重によって変形することを最小限に留める必要がある。自重に伴う変形は、積層体の崩壊を引き起こす可能性があるからである。この抵抗性を有する場合、積層性が高いといえる。

著者らは、押し出し性と積層性を両立させた配合を探索するために、数値解析と実験の両輪で検討を行った結果、ラクツム（LACTM：Laminatable Cement-based Tough Material）という繊維補強セメント複合材料の開発に至った。この複合材料は、セメント、細骨材、混和材（シリカフェームなど）のほかに、合成繊維、高性能減水剤などで構成される。フレッシュ状態では押し出し性と積層性を両立し、硬化後には高い力学性能と物質移動抵抗性を発揮する。

写真2は、角筒断面（500×700mm）の積層体の造形状況である。高さ2mまで積層することが可能であり、プリント中およびプリント後も積層体は一定の形状を保ち、崩



写真2 高さ2m積層体のプリンティング状況

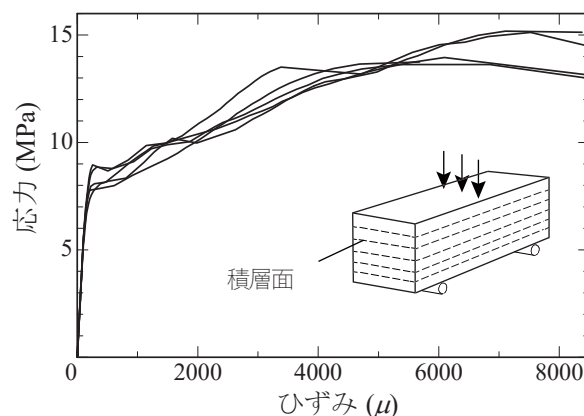


図2 曲げ応力-ひずみ関係

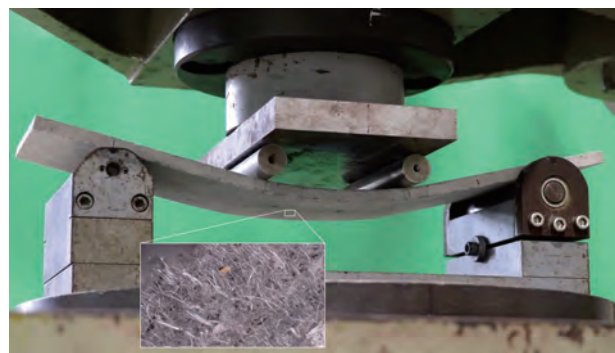


写真3 ラクツムのたわみ硬化挙動

壊する予兆はなかった。高さ2mはロボットアームの可動範囲に伴う限界値であったが、可動範囲の制約さえなければ、2m以上の積層体をプリントできる可能性が高い。

硬化後の圧縮強度は、20℃環境で封緘養生した積層体からコア抜きした供試体（φ50×100mm）の場合、材齢28日で100MPa以上に達する。また、同様の養生を行った積層体から、角柱供試体（40×40×160mm）を切り出して3点曲げ試験に供したところ、図2のとおり14MPaを超える曲げ強度が得られた³⁾。写真3は、薄板状に成形した供試体を曲げ载荷したときの挙動であるが、繊維がひび割れを架橋することによってたわみ硬化挙動を呈する。

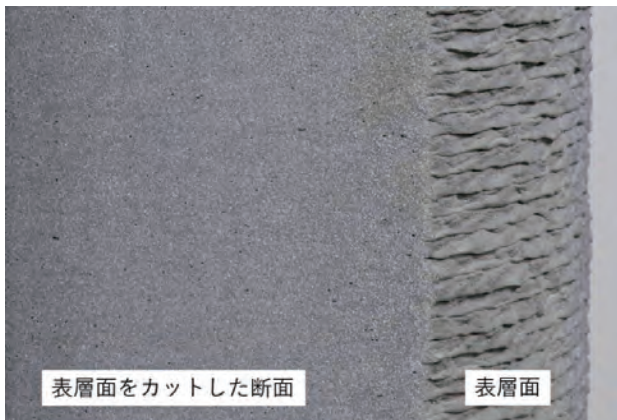


写真4 ラクツム積層体のカット断面

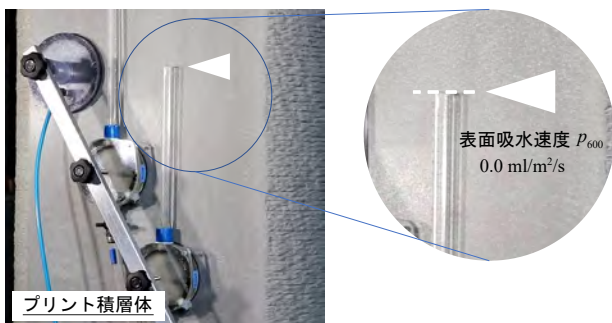


写真5 SWAT試験の開始から600秒後の状況

写真4は、積層体の表層をカットした断面である。目視では各プリント層の界面（以下、積層界面）が確認できないことがわかる。このカット面に対して、SWAT法による表面吸水試験（写真5）とトレント法による表層透気試験を行ったところ、いずれの測定点でも品質グレードは「良」の結果であった⁴⁾。この結果は、積層界面が弱部にならず、品質のばらつきが小さいことを示唆する。

4. 現場適用：構造柱の埋設型枠

4.1 適用対象

前章までに示した3Dプリンティング技術を複合開発街区「ミチノテラス豊洲」で適用した。ミチノテラス豊洲で建設されるホテル棟とオフィス棟は、地上6mの高さにおいて横幅30m、長さ50mの歩行者用デッキによって接続される。図3 (a) は、このデッキを中央で支える柱部材4体のパースである。この柱部材4体の埋設型枠の製造に対して、3Dプリンティング技術を採用した。

従来計画では、通常の木製の型枠で柱を構築することを予定していたため、直線的な柱形状が計画されていたが、3Dプリンティングの採用が決まってから、曲面を活かしたデザインに変更した。これは、3Dプリンティングならではの、これまでにはない形の構造物を作りたいという設計者の要望であった。

図3 (b) に、右側2体の柱の設計モデルを示す。柱の形状は、従来の木製や鋼製の型枠を用いるコンクリート施工では造形が困難な3次元曲面を有している。柱の高さは4.3mで、断面は下端から上端に向かって捻れながら、直

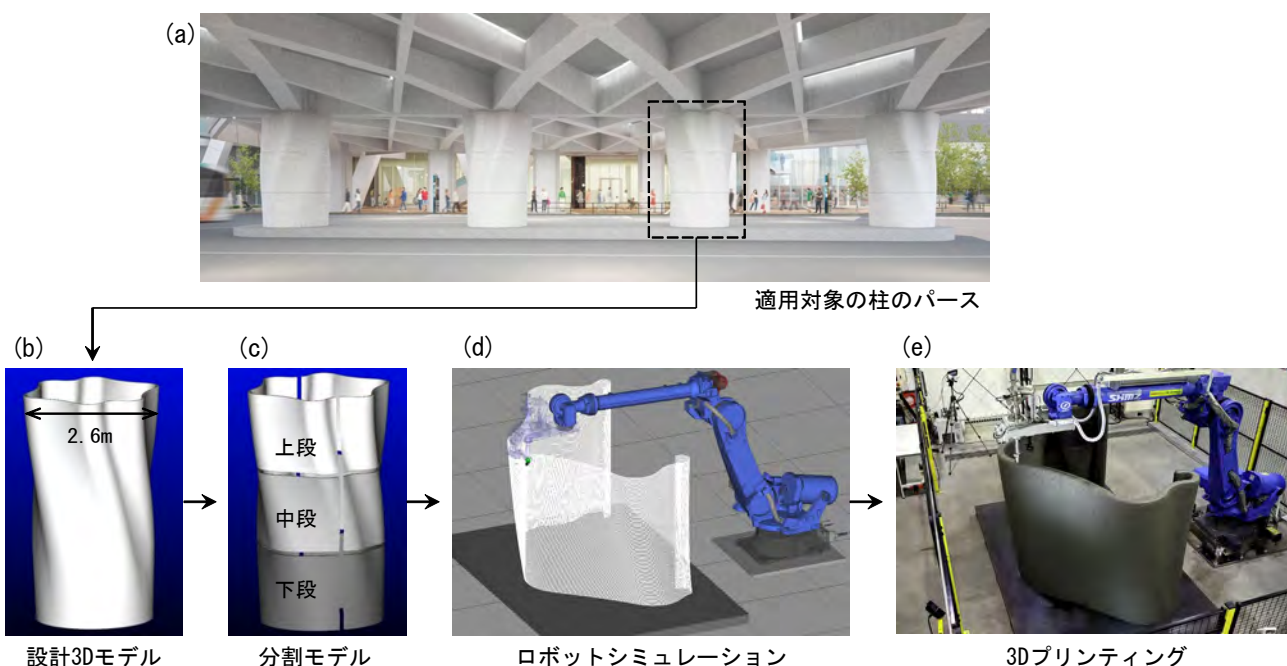


図3 設計モデルから曲面型枠の3Dプリンティングまでの流れ

径2.2mから2.6mに拡幅していく形状である。なお、左側2体と右側2体の柱は左右対称の形状になっている。

4.2 自由曲面型枠のプリンティング

柱型枠の寸法はロボットアームの可動範囲よりも大きく、一度ではプリントできなかつたため、**図3(c)**のように鉛直方向に3等分(上、中、下段)、断面を2等分した計6ピースに分割して作製し、それらを現場で組み合わせて使用することにした。**図3(d)**は、3Dモデルから生成したロボットプログラムのシミュレーション状況である。

図3(e)は、3Dプリンティングの状況である。プリント速度は100mm/sec、プリント幅は70mmに設定した。プリント中は、施設の室温は $20 \pm 5^\circ\text{C}$ になるように制御した。材料製造時に生じたフレッシュ性状のばらつきについては、フロー試験により評価し、適切なタイミングで材料を積層することによって、不良率0%で曲面型枠24ピースの製造を実現した。

3Dプリンティング後は、表面均しや振動台による締固めなどは行わずに、そのままの状態で養生に移行した。初期養生は、室温 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ の環境下で水分が逸散しない状態にして翌朝まで行った。その後、現場に搬出するまでは、屋外にて封緘養生を行った。

4.3 出来形の評価

3Dプリンティングで作製した曲面型枠と設計モデルの形状とを比較するために、測距精度 $\pm 1\text{mm}$ の3Dレーザースキャナを用いて、曲面型枠の形状データ(点群)を取得した。一度のスキャンでは型枠全体の点群を取得することができないため、3Dレーザースキャナを移設して複数の位置からスキャンを行い、スキャン後にソフトウェアでそれぞれの点群を結合した。計測で得られた点群の間隔(分解能)は、約3mmであった。

結合後の点群データに対して、点群処理用のソフトウェアを用いて曲面型枠の外面の点群と設計モデルのCADデータとの最短距離を計算した。この距離を設計モデルに対する形状誤差と定義する。**図4**に、3Dスキャンデータから得られた柱1体分の点群、ならびに形状誤差のヒストグラムを示す。設計モデルに対する形状誤差の標準偏差は1.41mmであった。

4.4 品質管理

曲面型枠の力学特性を評価するために、曲面型枠から鉛直方向に供試体をコア抜きして、材齢28日時点で力学試験に供した。コア抜きした供試体は、圧縮試験用の $\phi 50 \times 100\text{mm}$ と割裂引張強度試験用の $\phi 50 \times 50\text{mm}$ である。曲面型枠24ピースから圧縮試験用、割裂引張強度試験用を3本ずつ採取したため、コア供試体はそれぞれ72本である。いずれの供試体も力学試験を実施するまで曲面型枠と同様条件(屋外、封緘養生)で保管した。なお、型枠1ピース目は11月下旬に、24ピース目は1月上旬に製作したため、それぞれの供試体が曝された環境条件(気温)は異なる。

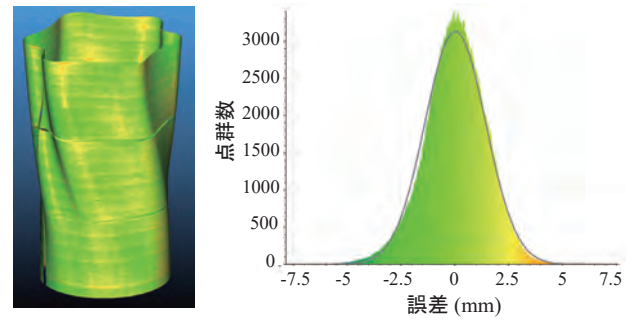


図4 3Dスキャンデータと設計モデルの比較

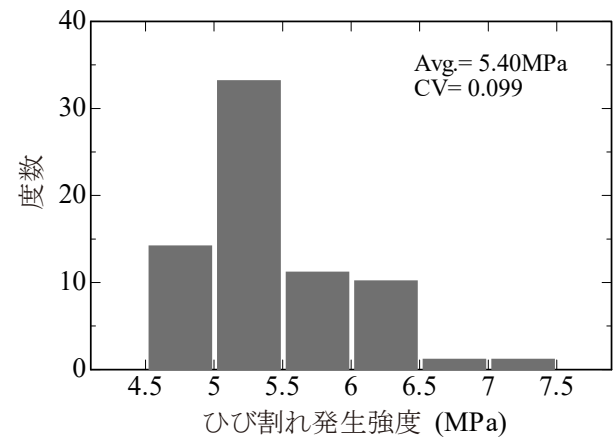


図5 ひび割れ発生強度のヒストグラム

圧縮試験の結果、圧縮強度の平均値は90.8MPa、変動係数は9.8%であった。先に述べたとおり 20°C 環境で封緘養生した場合、材齢28日で圧縮強度は100MPa以上に達するが、今回は屋外養生であり、平均気温が 7.3°C であったため、強度の発現が遅くなったと推察される。

図5に、割裂引張強度試験から得られたひび割れ発生強度のヒストグラムを示す。ひび割れ発生強度は、供試体の円柱底面(両面)の載荷軸と直交する方向に貼り付けたひび割れゲージで計測した値が不連続になった時点の応力から算出した。ひび割れ発生強度の平均値は5.40MPa、変動係数は9.9%であり、4MPaを下回るコア供試体はなかった。また、いずれの供試体もひび割れの発生と同時に供試体が破断することはなく、繊維による架橋効果により応力が再上昇して破壊に至った。

4.5 プリント型枠を用いたコンクリート施工

3Dプリンティングで作製した曲面型枠は、所定の養生期間後に現場に運搬し、クレーンで吊り上げて柱部材の鉄筋の周りに据え付けた。型枠の接合部は、コンクリートを打込む前に内側からシール材やバックアップ材で止水した。

写真6に、型枠内部へのコンクリートの打込み状況を示す。スランプ18cm、呼び強度48MPaのコンクリートを使用した。コンクリート打込み時は、棒状バイブレータを使用して十分に締固めを行った。本型枠において、コンクリート打込みに伴う側圧で生じる円周方向の引張応力は、



写真6 プリント型枠へのコンクリート打込み



写真7 コンクリート打込み直後の柱部材



写真8 デッキ施工後の全景



写真9 柱のテクスチャ

型枠断面を内径2.6mの正円、一層の打込みリフト高さを1.4m、側圧を三角形分布と仮定した場合、0.56MPaと算出される。この引張応力に対して、先に述べた材料の割裂ひび割れ発生強度（平均値5.4MPa）は十分に大きい値であり、コンクリート打込みに伴うひび割れが曲面型枠に発生することはなかった（写真7）。

写真8は、柱上部のデッキを施工した後の全景である。デッキを支えるひし形フレーム（梁）の形状と融合する自由曲面柱が実現された。写真9は、柱のテクスチャである。プリント型枠の表面は、材料を1層1層積み重ねていく3Dプリンティング方式であるがゆえに、凸凹した不均質な縞模様（積層痕）が形成される。プリント型枠は内部のコンクリートが硬化後も取り外されることなく、埋設型枠として使用されたため、この独特なテクスチャは柱部材の表面デザインとして残ることになる。

5. 現場適用：グラデーション色の曲面ベンチ

5.1 曲面ベンチのコンセプト

図6に設計者が描いた曲面ベンチのコンセプトスケッチを、写真10に現場に設置した曲面ベンチを示す。曲面ベンチは、従来のコンクリート施工では表現困難だった設計

者の意匠的なアイデアを3Dプリンティング技術で形にした事例となった。

曲面ベンチが設置されたのは、複合開発街区「ミチノテラス豊洲」の遊歩道である。豊洲埠頭をぐるりと囲むように整備された護岸公園（豊洲ぐるり公園）に面し、豊洲の運河を見渡せる立地である。曲面ベンチの設計者は「ぐるり公園から人々を引き込む仕掛けの一つ」となるようなベンチを考えていた。当初は板状の型枠を用いる一般的なコンクリート施工により直線的なベンチが製作される計画であったが、3Dプリンティング技術による自由曲面の造形に着目し、豊洲の海の柔らかな波面が海岸線を飛び越えて腰掛になるという曲面ベンチの物語を描いた。これを基に設計者は、海を向く三角擁壁が波を受け止めたような躍動感のある形状、自らの居場所を見つけ波音をゆったり聞ける設え、時々刻々と変化する表情などを主要なコンセプトと位置付けた。

5.2 製作

製作にあたっては、曲面ベンチ設計者のコンセプトをロボットプログラムに変換できるように具体化する作業を行った。上述のコンセプトがデザインとして盛り込まれた設計者作成の3次元CADデータを原案に、3Dプリンティン

グおよび現場施工が可能な形状に修正した。例えば、均しコンクリートと打ち継いで地中に埋設するベンチの基礎部分は原案には含まれていなかったが、現場での据付を考慮して追加した。また、一括でプリントするために、打重ねが生じる部分の形状の修正を行った。このような過程を経て3Dプリンティングに用いる設計形状が完成した。寸法は高さ1.2m、幅3m、奥行2mであり、4人が同時に座ることが可能である。三角擁壁が波を受け止めるイメージは、三角擁壁に沿って四半円のように緩やかにカーブした背もたれに表現されている。曲面ベンチの脚は地面から前後左右に張り出しているため、接地部分が小さくなり座面の下に位置するようにしている。圧迫感を減らし、海面の波のような浮遊感を獲得している。

図7は、曲面ベンチの中央部および左端部の断面である。心地よい居場所となるように、人の接する背もたれから座面は人間工学に依拠した形状に緻密に設計されている。背部にやわらかに寄り添う形状が、コンクリートの硬く無機質なイメージを払拭している。なお、曲面ベンチの中央部では背もたれが垂直に近いため、座る人の視線は海面に誘導される一方で、曲面ベンチの端部に行くほど背もたれが深くなるため、寛ぎながら自然と空を眺めることができる。また、座面は中央部で最も隆起しているため、雨が降っても自然に排水される勾配を有している。時間により変化する表情の実現にあたっては、曲面ベンチに残る積層痕に注目し、プリント用材料を豊洲の運河を模した青色でグラデーションに色付けすることで、海面の揺らぎに見立てた。海面と同様に日差しの強さや角度によって表情が変わる工夫である。

曲面ベンチの複雑な形状を一括してプリントするために、設計形状を基礎、前脚、後脚、座面、背もたれの5部位に分けてそれぞれのロボットプログラムを作成し、順次3Dプリンティングを実行した。打重ね時間は最大でも30分となるようにした。なお、下層のない座面や傾斜の急な部分には造形物を支持するためのサポート材を配置した。現場には曲面ベンチの設置箇所が3か所あったため、計3基の曲面ベンチを製作した。曲面ベンチ1基の3Dプリンティングにかかる合計時間は3時間であった。

青色のグラデーションの表現にあたり、プリント用材料のベースとなる配合に青色の顔料を外割質量比0.25%、1%、1.5%、2%で加え、青色で彩度の異なる4種類の配合を作成した。配色設計通りにプリントするために、投入したプリント用材料の時間当たりの吐出量およびロボットプログラムのシミュレーション結果を考慮し、彩度の異なる4配合のポンプへの投入時間の計画を事前に立てた。プリント中に、彩度の低い配合から高い配合に、計画したタイミングで順次切り替えて投入し、配合切り替わりの際は、前の配合と次の配合を半分ずつ投入するフェイズを設けることで中間色になるようにした。このようにして上部ほど

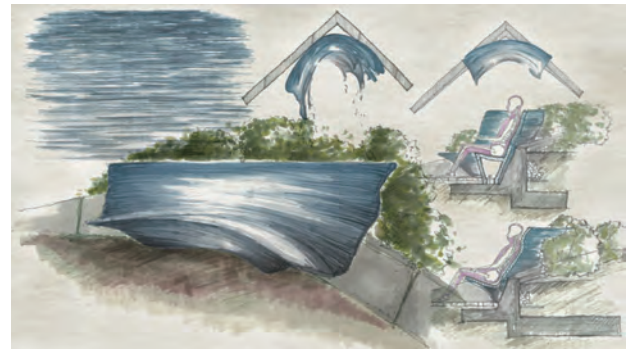
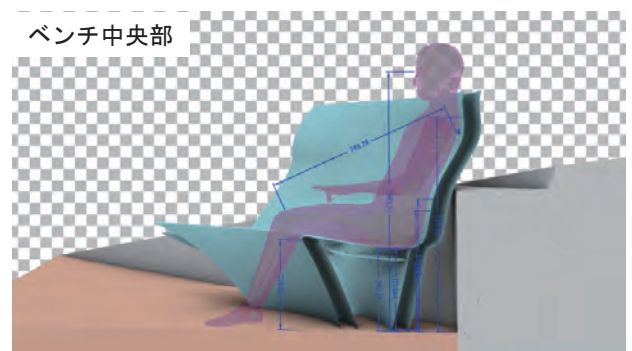


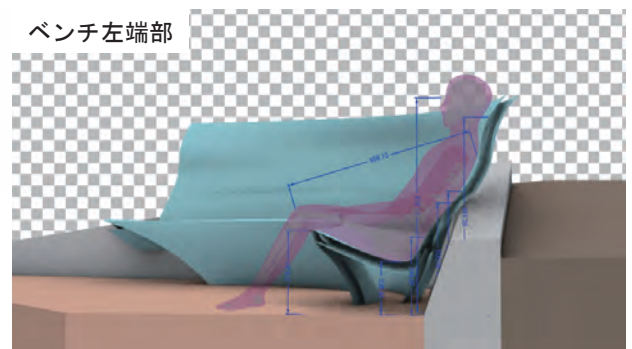
図6 設計者によるコンセプトスケッチ



写真10 現場に設置した曲面ベンチ



ベンチ中央部



ベンチ左端部

図7 人間工学に基づき設計されたベンチ断面

青色の発色が強い滑らかなグラデーションを配色設計通りに付与することができた。

5.3 養生および現場設置

3Dプリンティング後はビニールシートで覆い、翌日まで水分の散逸しない環境で養生した。その後は屋外に封緘した状態で保管した。曲面ベンチ製作に使用した顔料2%の配合から採取した円柱供試体を曲面ベンチと同じ養生条件に置き、材齢35日で圧縮試験および割裂引張強度試験に供したところ、圧縮強度は114MPa、割裂ひび割れ発生強度は7.46MPaであった。

10日間以上の養生の後、現場での曲面ベンチ据付け工事を実施した。地震動などの外力によって転倒することのないように、曲面ベンチの基礎部分にアンカー筋を配置し、無収縮モルタルにより基礎コンクリートと打ち継いだ。基礎部分はインターロッキングブロックで隠れる仕上げとした。

6. おわりに

材料押出方式の3Dプリンティング技術を開発し、実際に供用される柱の埋設型枠、ならびにベンチに対して適用した結果、自由曲面を有する形状でも高品質に造形できることが実証され、当該技術の実用性が確認できた。

著者らはこれから、施工現場の生産性向上・省人化を実現するために、現場で部材を直接プリントするオンサイト3Dプリンティング技術の構築に向けて研究開発を進めていく予定である。図8は、著者らが見据える建設現場の未来像である。今後、本稿で紹介したような適用事例が蓄積されることで、各方面で3Dプリンティング技術に関心が集まり、次世代のコンクリート施工技術の一つとして幅広く適用される日が近い将来やってくることに期待を寄せるものである。

参考文献

- 1) 小倉大季: 建設スケールの3Dプリンティング技術に関する海外の研究動向, コンクリート工学, Vol. 56, No. 2, pp.174-180, 2018.2
- 2) 丸屋剛, 石田哲也: 3Dプリンティングの技術開発の現状と展望, コンクリート工学, Vol.59, No.2, pp.173-180, 2021.2
- 3) 小倉大季, 阿部寛之, 菊地竜, 山本伸也: 3Dプリンティング技術で積層造形した繊維補強セメント複合材料の力学特性評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.1, pp.1379-1384, 2021.7
- 4) 阿部寛之, 小倉大季, 菊地竜, 山本伸也: 3Dプリンティングで作製した繊維補強モルタル試験体の物質移動抵抗性, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.1, pp.1403-1408, 2021.7

<プロフィール>

清水建設株式会社 技術研究所 社会システム技術センター インフラ技術グループ
主任研究員 博士(工学)
専門分野: コンクリート工学、土木材料学、繊維補強コンクリート、建設3Dプリンティング

現在



2030年



2050年



図8 3Dプリンティングを適用した現場の未来像



部 門 紹 介



総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ

木ねじから実大構造物まで、多種多様な構造試験を承ります

1. 業務内容の紹介

構造グループでは、木ねじの性能試験から実大構造物の振動試験まで、幅広い内容の品質性能試験を行っています。規格のない試験も多数実績がございますので、こんな試験ができないかな？とお悩みの際は是非一度ご連絡ください。

2. グループメンバーの紹介

構造グループは総勢 12 名のメンバーで日々の試験業務を行っています（2022 年 2 月時点）。若手からベテランまでそろっており、力作業の多い構造試験をこなす屈強な面々です。

グループメンバーの得意技

当グループには工作を得意とする職員がおり、その技術を駆使して新たな整理整頓アイデアを生み出しています。年末の大掃除シーズンになると工具類が見事に整理されていて、年明けにそれを見てびっくり！というのが正月の風物詩になっていたりもします。

3. 試験機を一部ご紹介

曲げ試験機

最大容量 500kN と 1000kN の曲げ試験機を保有しており、支持スパン 10m の曲げ試験も実施可能です。一番人気の試験機となっておりますので、試験をご希望の際はお早目のご連絡を！

十字門型フレーム

200kN 油圧ジャッキを搭載可能な門型の試験フレームです。大きさでは曲げ試験機に劣りますが、十字型の架台を駆使して様々な形状の試験体を固定することのできる対応力がポイントです。

大型構造物複合加力試験装置

5000kN 鉛直ジャッキと 2000kN 水平ジャッキによる多方向からの加力が可能な大迫力の試験機です。なかなか目にするのでできないものかと思っておりますので、興味がありましたら是非見学にお越しください。



大型構造物複合加力試験装置をバックに集合写真



500kN 曲げ試験機



十字門型フレーム

中・大規模木造建築物に使用されるねじ単体の性能を確認する試験方法の確立

JIS A 1503(木質構造用ねじの試験方法)の原案作成のための試験方法に関する調査研究

1.はじめに

本誌の規格基準紹介(P14～P17)に掲載したJIS A 1503¹⁾を策定するにあたり、原案作成委員会による調査研究として、各試験の諸条件等を決定するための検証試験を行った。

以降、その概要について紹介する。

2.単調曲げ及び繰返し曲げ試験

2.1 試験体

単調曲げ及び繰返し曲げ試験における検証試験に使用した試験体は、呼び径 d が6mm～10mmの3種類の木質構造用ねじについて、それぞれねじ部、円筒部とねじ部の境目の3種類とした。試験体数は、特に断りのない限り各3体とした。

2.2 荷重方法の違いに関する検証

本規格では、単調曲げ試験においてEN 14592²⁾に記載のある「四点曲げ荷重法」と今回新たに考案した「つかみ曲げ荷重法」の2種類の荷重方法を規定しているが、それぞれの荷重方法についての同等性を確認するために検証試験を実施し、 $M-\theta$ 曲線と全塑性曲げモーメント M_p を比較した。

図1に呼び径 d が10mmのねじ部の試験体(各3体)を比

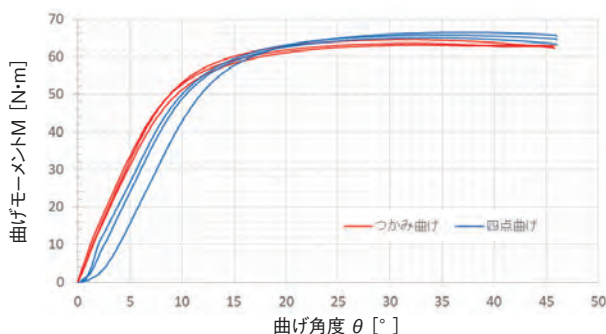


図1 荷重方法による $M-\theta$ 曲線の比較(d :10mm、ねじ部)

較した $M-\theta$ 曲線の例を示す。結果として、四点曲げ荷重法では、つかみ曲げ荷重法に比べて、初期のすべりが大きくなる傾向にあるが、 M_p はオフセット法により算出するため、全試験体を通して、その差は最大で6%程であり、大きな差は無いことを確認した。

2.3 荷重速度の影響に関する検証

試験の条件を決定するにあたり、荷重速度の影響を確認するために、荷重速度を比較した検証試験を実施した。試験は、つかみ曲げ荷重法による単調曲げ試験及び繰返し曲げ試験について、荷重速度(単位時間あたりの曲角度 θ の変化量)を $1^\circ/\text{秒}$ と $5^\circ/\text{秒}$ で比較して実施した。

図2に呼び径 d が6mmのねじ部の試験体(単調:各3体、繰返し:各1体)を比較した $M-\theta$ 曲線の例を示す。結果として、全試験体を通して M_p の差は最大で5%程度であり、繰返し曲げ回数 N_f の差は最大で30%程度であった。ここで、 N_f のばらつきについて、試験体数が3体の場合、 M_p の変動係数(標準偏差/平均)が最大で5%程度であるのに対して N_f では最大で25%とばらつきが大きくなる傾向にあるが、比較試験の結果として30%程度の差であったので、荷重速度による影響はほとんどないと判断した。

よって、本規格では「加力ジグの回転が1秒間に 5° 以下となる速度」と規定した。

2.4 試験体の固定方法に関する検証

図3に本規格で規定した試験対象部位ごとの試験体の固定方法を示す。この固定方法を策定するにあたり、以下の検討を行った。

(1) 固定長

試験体の固定方法を決定するにあたり、試験体の固定長(L_1 及び L_3)の影響を確認するために、固定長を比較した検証試験を実施した。試験は、つかみ曲げ荷重法による単調曲げ試験及び繰返し曲げ試験について、固定長を $2d$ とした場合と任意(最小で $3.2d$)とした場合で比較して実施した。

図4に呼び径 d が10mmのねじ部の試験体(単調:各3

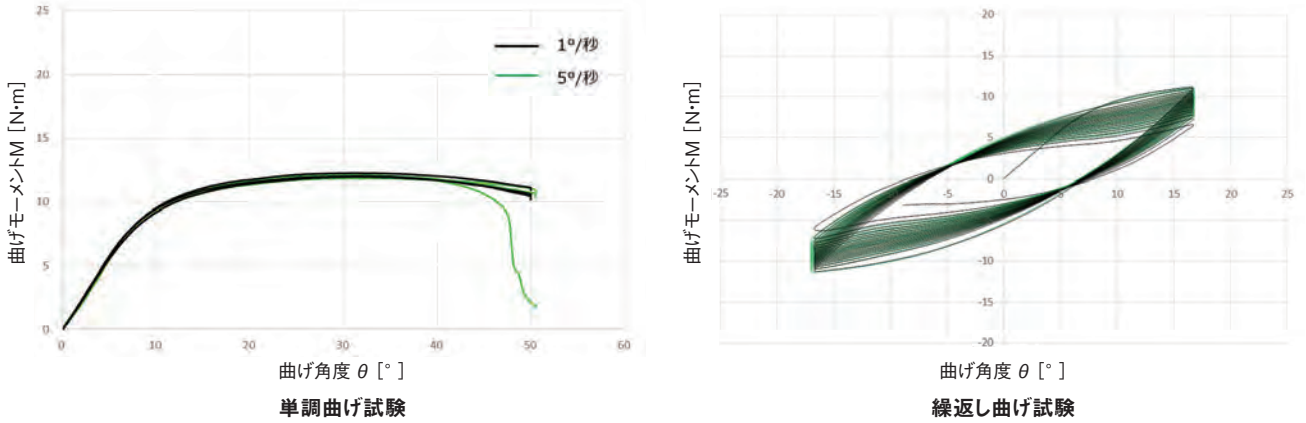


図2 荷速度によるM-θ曲線の比較 (d:6mm、ねじ部)

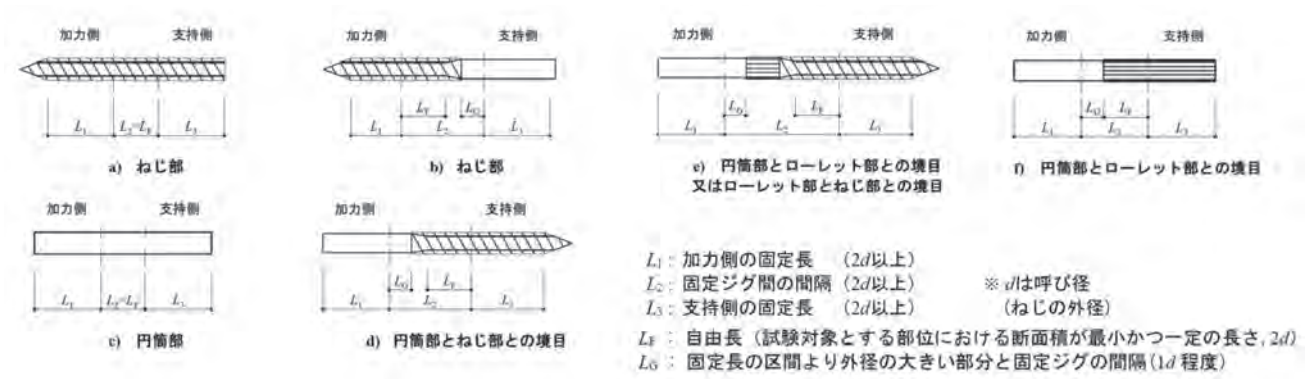


図3 規定した試験体の固定方法

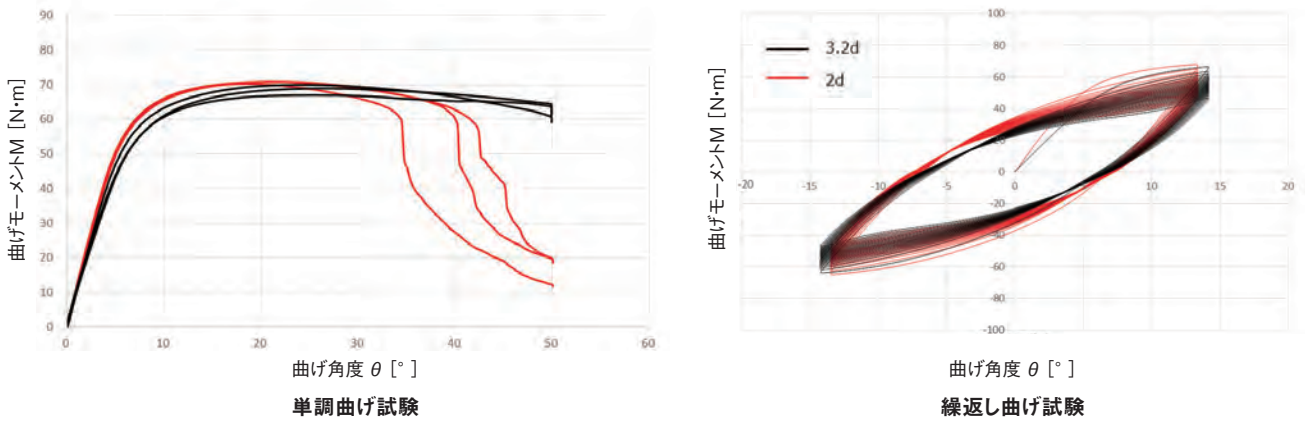


図4 固定長の違いによるM-θ曲線の比較 (d:10mm、ねじ部)

体、繰返し：各1体)を比較したM-θ曲線の例を示す。結果として、全試験体を通して M_p の差は最大で6%程度であり、 N_f の差は最大で25%程度であった。よって、荷速度と同様に、固定長を2d以上とすれば固定長による影響はほとんどないと判断し、本規格には「固定長 L_1 及び L_3 をそれぞれ2d以上設けて、固定する。」と規定した。

(2) 自由長

試験体の固定方法を決定するにあたり、自由長 L_F の影

響を確認するために、自由長を比較した検証試験を実施した。試験は、つかみ曲げ荷重法による単調曲げ試験及び繰返し曲げ試験について、自由長を2dとした場合と3dとした場合で比較して実施した。

図5に呼び径dが6.5mmのねじ部の試験体(単調：各3体、繰返し：各1体)における自由長の違いによるM-θ曲線の比較の例を示す。図5左の単調曲げ試験のM-θ曲線より、自由長が長くなると初期剛性が低下するが、最大曲

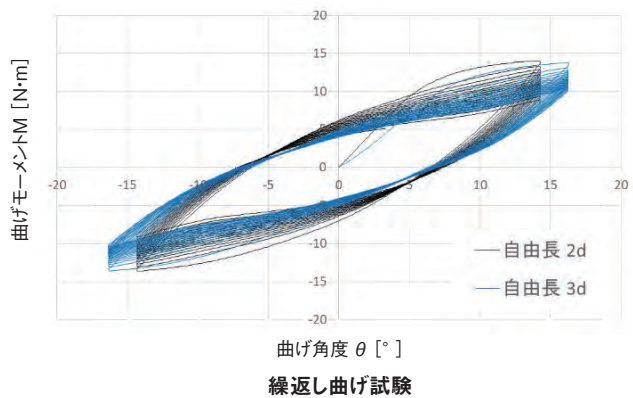
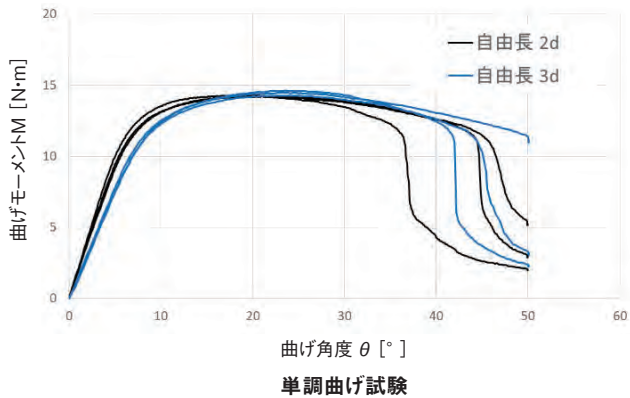


図5 自由長の違いによるM-θ曲線の比較 (d:6.5mm、ねじ部)

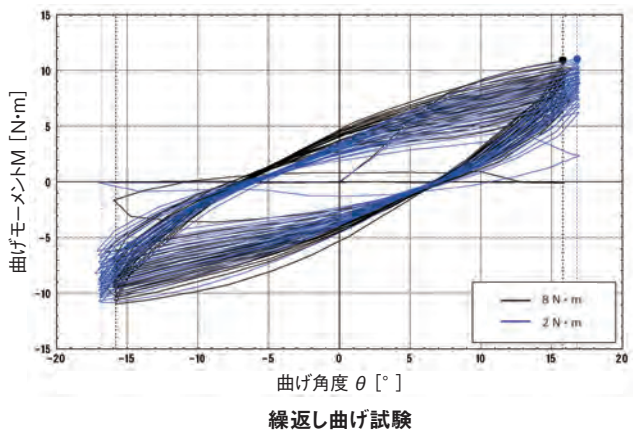
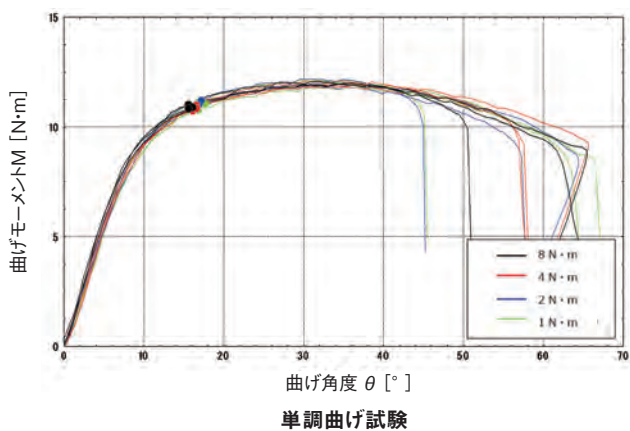


図6 締付けトルクの違いによるM-θ曲線の比較 (d:6.5mm、ねじ部)

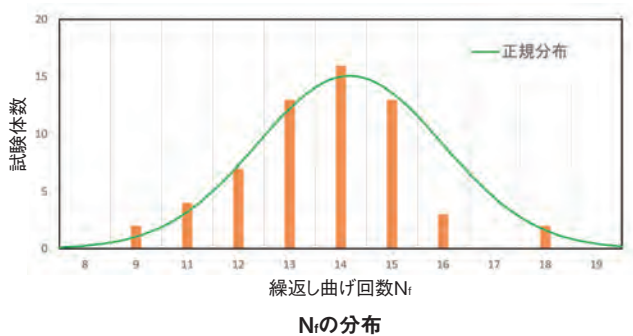
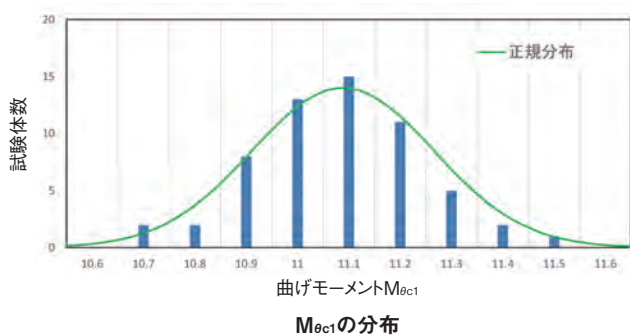


図7 ばらつきによる試験結果の分布 (d:6mm、円筒部とねじ部の境目)

げモーメントにはほとんど影響がないことが分かる。なお、全試験体を通して M_p の差は最大で8%程度であった。また、繰返し曲げ試験のM-θ曲線より、自由長が長くなると繰返し点となる曲げ角度 θ_c が初期剛性の影響により大きくなることが確認できる。なお、全試験体を通して自由長が3dの場合の N_r は2dの場合と比べて1.13~1.67倍の値となり、 N_r が大きくなる傾向が確認された。そこで本規格では、自由長 L_F を「2d」と限定して規定することとした。

(3) 試験体の固定度

試験体の固定度について、試験結果への影響を確認するために、固定ジグのボルト (M5-F12.9) の締付けトルクを比較した予備試験を実施した。試験は、つかみ曲げ載荷法による単調曲げ試験及び繰返し曲げ試験について、締付けトルクを1~8N・mと変化させて実施した。なお、試験体は、呼び径dが10mmのねじと6mmのねじの2種類とし、それぞれねじ部の試験体を各3体実施した。

図6に呼び径dが6mmのねじ部の試験体 (単調: 各3体、繰返し: 締付けトルク2N・m及び8N・m各1体) における

締付けトルクの違いによる $M-\theta$ 曲線の比較の例を示す。結果として、全試験体を通して M_p への影響はほとんどなかったが、 N_f については、締付けトルクが $2N\cdot m$ 以下の場合に、20%程度増加する傾向が確認された。なお、試験後に試験体の固定部を確認すると、 $4N\cdot m$ 以上で締付けた場合はねじ山がつぶれていたが、 $2N\cdot m$ 以下の場合にはねじ山のつぶれが確認できなかった。よって、本規格では、試験体を「強固（試験体のねじ部を固定した場合にねじ山が少しつぶれる程度）に固定する」と規定することとした。

2.5 試験結果のばらつきに関する検証

本規格では、 M_p と N_f について、統計処理を行う際に、いずれも母集団を正規分布と仮定している。そこで、この仮定が妥当なものか確認するために、検証試験を実施した。試験は、呼び径 d が6mmのねじについて、ねじ部及び各部の境目、呼び径 d が10mmのねじについてはねじ部の合計3種類の試験体について、試験体数を各60体とした繰返し曲げ試験を実施した。なお、単調加力試験については、繰返し曲げ角度を求めるための予備試験（試験体数3体）のみの実施としたため、 M_p については、 M_p とほぼ同じ値となるであろう値として、繰返し曲げ試験における1回目の繰返し曲げ角度 θ_c 時の曲げモーメント $M_{\theta c1}$ の分布について検証した。

図7に呼び径 d が6mmのねじについて円筒部とねじ部の境目の試験体における試験結果のばらつきによる $M_{\theta c1}$ 及び N_f の分布の例を示す。結果として、 $M_{\theta c1}$ 、 N_f ともにすべての試験体で正規分布となることを確認した。

3. 引張強さ試験

3.1 載荷速度の影響に関する検証

引張強さ試験の載荷速度について、試験結果への影響を確認するため、試験開始から試験体が破壊に至るまでの時間を5秒、10秒及び15秒とした場合の引張耐力 F_t を比較した。試験体は、呼び径 d が6mm～10mm、長さ200mm～380mmの4種類の木質構造用ねじについて各3体とした。

結果として、 F_t の差は1%程度であり、載荷速度による影響はほとんどないと判断し、本規格では、「加力は、試験時間が試験体に引張荷重が入り始めてから破壊に至るまで $10s \pm 5s$ とする。」と規定することとした。

4. ねじり強さ試験

4.1 試験装置の違いによる影響に関する検証

本規格では、JIS B 1058³⁾の3.2.1に記載のある試験装置と、今回考案した「軸力付加用ウエイト及び屈屈防止ジグを備えた装置」について記載しているが、ねじり強さ試験の試験装置の違いが最大ねじりトルク T_r に及ぼす影響を確認するために検証試験を実施した。試験体は81種類の木質構造用ねじについて各3体又は10体とした。

結果として、 T_r の差は5%程度であり、試験装置の違いによる影響は、ほとんどないことを確認した。

4.2 軸力の影響に関する検証

本規格では、「試験装置は、試験体にビットが空回りしない程度の軸力がかかるものでもよい。」としているが、付加した軸力が T_r に及ぼす影響を確認するために検証試験を実施した。試験体は、呼び径 d が6mm～10mm、長さ200mm～380mmの4種類の木質構造用ねじについて各3体（一部1体又は2体）とし、付加する軸力は0N、300N及び600Nの3種類とした。

結果として、 T_r の差は確認されず、0N～600Nの範囲であれば、試験結果に影響がないことを確認した。なお、この範囲に関する記載は、本規格の解説に記載している。

5. まとめ

本稿では、JIS A 1503（木質構造用ねじの試験方法）の原案作成のための試験方法に関する調査研究として、「単調曲げ試験」、「繰返し曲げ試験」、「引張強さ試験」及び「ねじり強さ試験」の各諸条件に関する検討の概要を紹介した。

本規格の規定事項に対する理解の一助になれば幸いである。

【謝辞】

本研究は、令和2年度産業標準化推進事業委託費 戦略的国際標準化加速事業：産業基盤分野に係る国際標準開発活動「建築物に使用する木質構造用ねじに関するJIS開発」（委員長：稲山正弘 東京大学教授、事務局：建材試験センター）の一環として実施したものである。ここに記して、ご協力いただいた各委員および関係者並びに関係団体各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) JIS A 1503：木質構造用ねじの試験方法
- 2) EN 14592：Timber structures-Dowel-type fasteners-
- 3) JIS B 1058：締結用部品の機械的性質

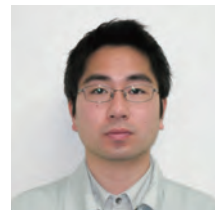
author



中里 匡陽

総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ
主査

<従事する業務>
木造建築物の構造試験等



早崎 洋一

総合試験ユニット 西日本試験所 試験課 主査

<従事する業務>
木造建築物の構造試験等

中・大規模木造建築物に使用されるねじ単体の性能を確認する試験方法規格

JIS A 1503
(木質構造用ねじの試験方法)の制定

1. はじめに

JIS A 1503は、中・大規模木造建築物のはり(梁)、柱、壁などの構造部材を接合するときに用いるねじ(以下、木質構造用ねじという。)の性能を測定するための試験方法を標準化した規格である。

なお、本規格の原案は、平成30年度～令和2年度に実施した経済産業省標準化推進事業委託(戦略的国際標準化加速事業:産業基盤分野に係る国際標準開発活動)によって、委員会(委員長:稲山正弘 東京大学教授、事務局:建材試験センター)を組織し、試験方法を標準化するための調査研究を行うことにより作成した。

2. JIS制定の趣旨

近年、地球温暖化防止、循環型社会の形成、地域経済の活性化への貢献などを背景に、“公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律”(平成22年10月1日施行)及び“都市の低炭素化の促進に関する法律”(平成24年12月4日施行)の法令が制定され、中・大規模建築物の木造化が進められている。また、木材は、省エネルギー性能で圧倒的に有利であること、人工造林木が再生資源として利用可能であることなどから、我が国のみならず各国でもそれらに対する取組みが進められている。

地震等の災害が多い我が国においては、接合部の構造性能に特に注意を要する。一般に木造住宅については、専用のねじが存在せず汎用のねじ等が使われているが、中・大規模木造建築物は、構造部材を確実に接合させる必要があり、汎用のねじと比較するとより強度が高い木質構造用ねじが開発されている。しかし、現状では性能の評価基準が標準化されておらず、選定は設計者等による都度の実験結果を基とし、その安全性の保障の可否は、設計者・施工業者の判断に委ねられている。また、実験を行わず耐力を算出する方法として、ヨーロッパ型降伏理論式(以下、EYT式)による耐力の算定が挙げられるが、現状では、国内にねじ単体の性能を測定する方法が確立されていない。そこで、木質構造用ねじの性能に関して、その確認試験方法を標準化することで、使用者による製品品質の判断の容易化が期待できるとともに、製品に対する適切な適合性評価

が可能となる。

中・大規模木造建築物に用いる構造用集成材については、1970年代から欧州を中心に規格開発が行われ、EN 14592(木造構造物-だぼ型接合具-要求事項)が制定されて構造設計に活用されている。しかし、EN 14592は、曲げ降伏強さ(降伏モーメント)に関する規定はあるものの、地震による外力を想定した繰返し性能に関する試験方法は規定していない。したがって、今後、EN規格に準じた欧州製品又は欧州外の海外製品が国内に流入してくる可能性があり、現状では、強度性能、特に地震による繰返しを想定した性能を欠いた海外製品が市場に流通する可能性が懸念されることから、木質構造用ねじの品質及び性能を的確に測定するために、この規格を制定することとした。

なお、今後、具体的な製品の要求事項を規定した製品規格のJIS原案を作成することを予定しており、この規格は、その製品規格における品質又は性能を評価する試験方法として引用されることを想定している。

3. JISの概要及び原案作成委員会における審議内容

3.1 適用範囲

木質構造用ねじは、主に建築物の自重もしくは積載荷重、積雪、風圧、土圧若しくは水圧または地震その他の震動もしくは衝撃を支える部材の接合部に使用することを想定している。また、接合部に使用する材料について、現状では側材に鋼材やセメント板などを使用する場合を対象外とするため、当該JISの適用範囲は「主として木造建築物の構造耐力上主要な部分で、木材又は木質材料相互を接合するために使用する木質構造用ねじ」についての「単調曲げ試験、繰返し曲げ試験、引張強さ試験及びねじり強さ試験」と規定した。なお、木質構造用ねじを使用した接合部の耐力はEYT式により算出することを想定しているが、側材に鋼板を使用した場合は、ねじが十分に塑性変形する前にねじ頭部の破断により脆性的な破壊を生じる可能性があるため、現状では側材に鋼材やセメント板などの硬い材料を使用する場合を対象外とした。将来的に、鋼板などの使用も可能とする場合は、ねじ頭部の破断に対する性能を確認する必要があると考えており、その性能を確認する試

験として、くさび引張強さ試験を考案した。しかし、現状では検証が不十分であるため、参考までに附属書に記載することとした。

3.2 試験項目

(1) 単調曲げ試験

単調曲げ試験は、木質構造用ねじの曲げ耐力に関する性能として、全塑性曲げモーメント M_p を取得することを目的として規定した。EN 14592に記載のある四点載荷法と今回新たに考案したつかみ曲げ載荷法の2種類の載荷方法を規定した。なお、EN 14592では、耐力算定の対象とする部位をねじ部のみとしているが、本規格では、試験体の固定方法を変えることにより、ねじ部、円筒部及びそれらの部位の境目等について、それぞれ耐力を算定する方法を考案

した。試験体数は、試験対象部位ごとに6体以上とした。

図1及び写真1にそれぞれ四点曲げ載荷法とつかみ曲げ載荷法の試験装置の例を示す。試験体の曲げ角度 θ は、加力ジグの回転角とし、支持点に生じる荷重 F を測定する。つかみ曲げ載荷法の場合、試験体を固定ジグでつかむことにより固定するが、上下の固定ジグの平行を保つように試験体を固定する必要があるため、試験体の固定長が短い場合等、必要に応じて試験体と同じ外径のスペーサーを使用して試験体を固定する。また、試験体の固定度が不足すると試験結果に影響するため、強固（試験体のねじ部を固定した場合にねじ山が少しつぶれる程度）に固定する。また、試験装置には、支持ジグにカウンターウェイトを設置することにより、支持ジグの自重による曲げモーメントが試験

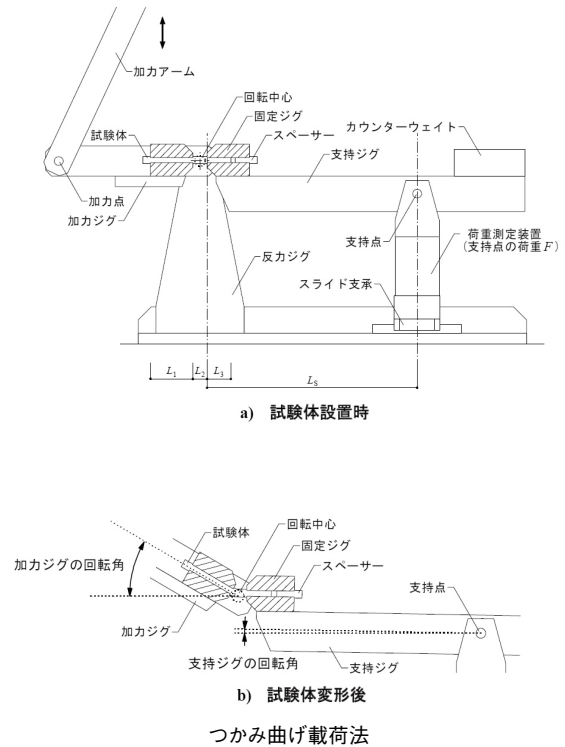
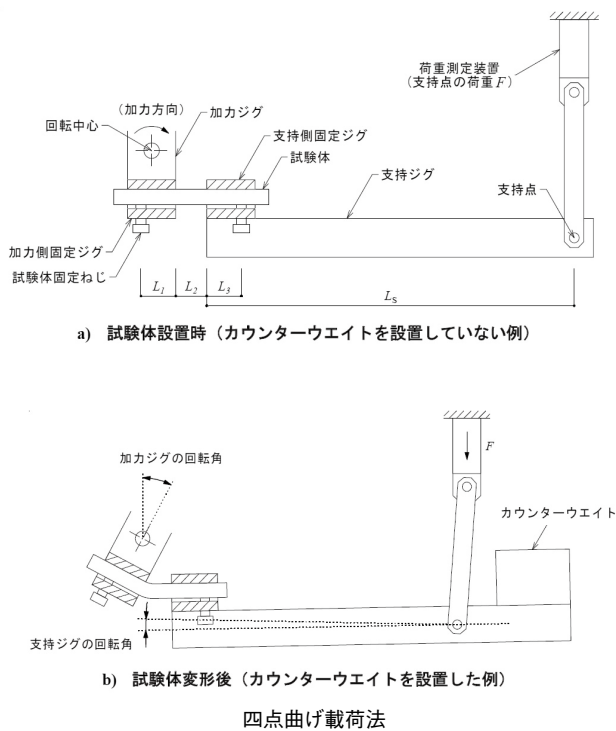
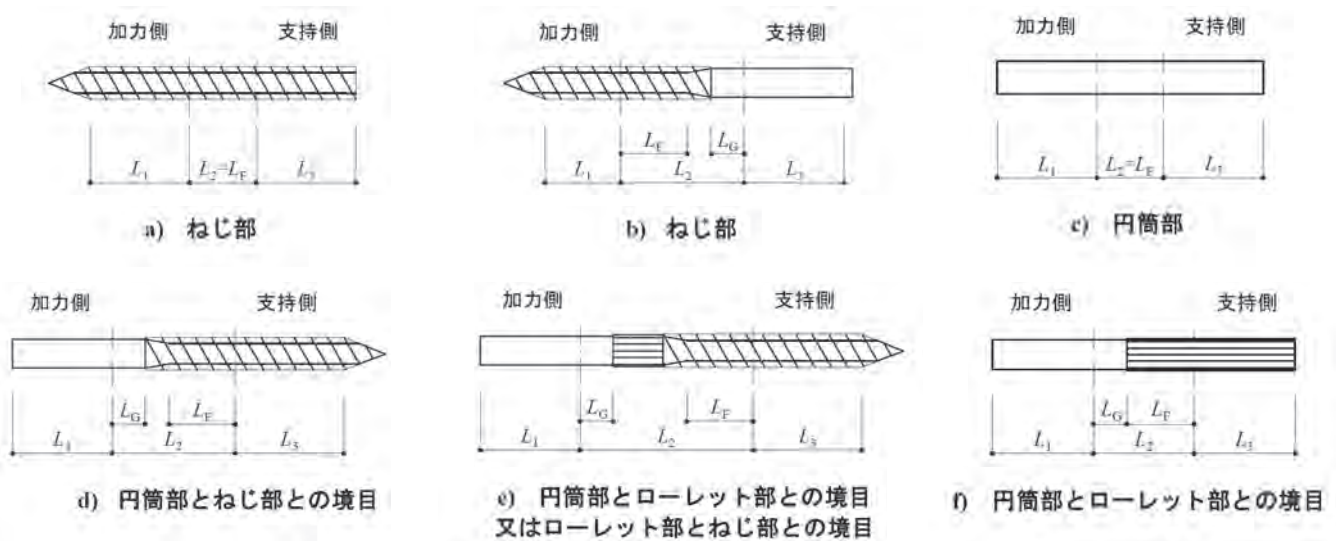


図1 曲げ試験装置の例



写真1 単調曲げ試験における試験状況



L_1 : 加力側の固定長
 L_2 : 固定ジグ間の間隔
 L_3 : 支持側の固定長
 L_F : 自由長
 L_G : 固定長の区間より外径の大きい部分と固定ジグの接触を防ぐための間隔

図2 試験対象部位別の固定方法の例

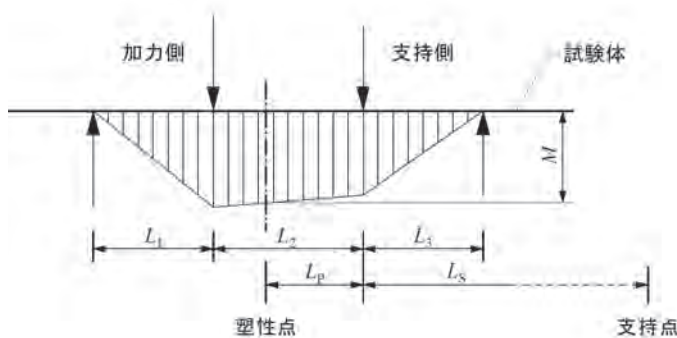


図3 試験体に生じる曲げモーメントの例
(四点曲げ載荷法、各部の境目の場合)



図4 全塑性曲げモーメント M_p の例
(オフセット法)

体に作用しないようにすることが望ましいが、カウンターウェイトを設置しない場合は、支持ジグの自重による曲げモーメントを計算により差し引くことで試験体に生じる曲げモーメントを算出する。

図2に試験対象部位別の固定方法の例を示す。試験体は、試験対象部位が塑性変形を生じる主な位置となるように試験対象部位ごとに位置を変えて固定する。

図3に四点曲げ載荷法で試験対象部位が各部の境目の場合の試験体に生じる曲げモーメントの例を示す。支持ジグの自重による曲げモーメントが生じない場合の試験体に生じる曲げモーメントは、支持点の荷重 F に支持点から塑性点までの距離 (L_s+L_p) を乗じて算出する。塑性点は、試験対象部位がねじ部または円筒部の場合、試験体に生じる曲げモーメントの最大値(固定ジグ端部の曲げモーメント)とし、試験対象部位が各部の境目の場合は、最も大きい亀

裂が生じた位置とする。なお、つかみ曲げ載荷法の場合は、 L_1 及び L_3 の区間に曲げモーメントは生じない状態となる。

M_p は、各試験体の曲げモーメント M -曲げ角度 θ 曲線について、塑性曲げ角度を 7° としたオフセット法(図4参照)によって算出し、信頼水準75%における95%下側許容限界値及び信頼水準75%における50%下側許容限界値を算出する。

(2) 繰返し曲げ試験

繰返し曲げ試験は、地震力等の繰返し荷重に対する性能を確認することを目的として規定した。繰返し荷重に対する性能は、 M_p 算出時の曲げ角度を繰返し曲げ角度 θ_c として、繰返し点を θ_c とする正負交番繰返し加力を行い、加力を開始した方向を正側として、正側で繰返し曲げ角度 θ_c に到達した時点で1回加算し、正側の θ_c 時の曲げモーメン

トがそれまでに経験した θ_0 時の曲げモーメントの最大値に対して8割を下回るまでに経験した回数(繰り返し曲げ回数 N_i)として、信頼水準75%における95%下側許容限界値及び信頼水準75%における50%下側許容限界値を算出する。試験体数は、単調曲げ試験と同様に、試験対象部位ごとに6体以上とした。

なお、繰り返し曲げ試験について、EN 14592に記載のある四点載荷法では、正負の繰返し加力ができないため、つかみ曲げ載荷法のみを規定した。また、当初は、三点曲げ載荷法による繰返し加力についても検討を行ったが、試験体の支持条件等に問題が生じたため、今回は規定することを見送った。

(3) 引張強さ試験

引張強さ試験は、基本的な物性値として、試験体の最弱部における引張耐力(引張荷重の最大値) F_t を取得することを目的として規定した。 F_t は、試験体数を6体以上として、信頼水準75%における95%下側許容限界値を算出する。図5に引張強さ試験装置の例を示す。

なお、引張強さ試験は、EN 14592を参考に試験方法を検討した。本規格では、木ねじの使用方法を木-木接合と限定しており、引張強さ試験は、当初、木材に打ち込んだ状態での引張試験も検討したが、木材の種類、密度、含水率等、引張耐力への影響因子が多数存在するため、ねじ単体の引張耐力を確認する方法とした。

(4) ねじり強さ試験

ねじり強さ試験は、施工時に木質構造用ねじがねじ切れることを防ぐために、ねじり強さ T_t を取得することを目的として規定し、引張強さ試験と同様に、試験体の最弱部について取得するものとした。また、施工時のトルクを想定しているため、ビット部に所定の押し付け力をかけた状態でねじること軸部のねじり性能の他、ビットや頭部における破断がないことも検証できる試験方法とした。 T_t は、試験体数を6体として、信頼水準75%における95%下

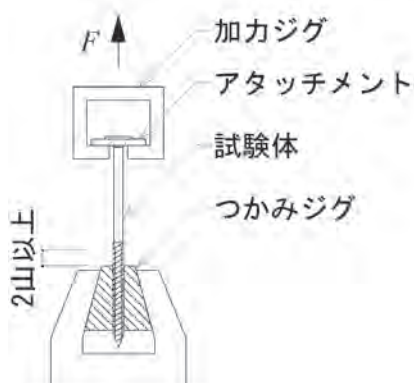


図5 引張強さ試験装置の例

側許容限界値を算出する。

図6にねじり強さ試験装置の例を示す。長尺のねじを試験する場合には、ビットからの試験体の脱落を防止するために、座屈防止ジグや軸力付加用のウエイトを設置して試験を実施する例を示した。

4. おわりに

本稿では、JIS A 1503制定の趣旨と規格の概要及び原案作成委員会における審議内容を紹介した。この規格基準紹介が本規格を使用する皆様の一助となれば幸いである。

なお、試験方法策定のための検証試験について本誌の技術レポート(P10～P13)に掲載している。合わせてお読みいただきたい。

参考文献

- 1) JIS A 1503：木質構造用ねじの試験方法
- 2) EN 14592：Timber structures-Dowel-type fasteners-

author

中里匡陽

総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ 主査

<従事する業務>
木造建築物の構造試験等

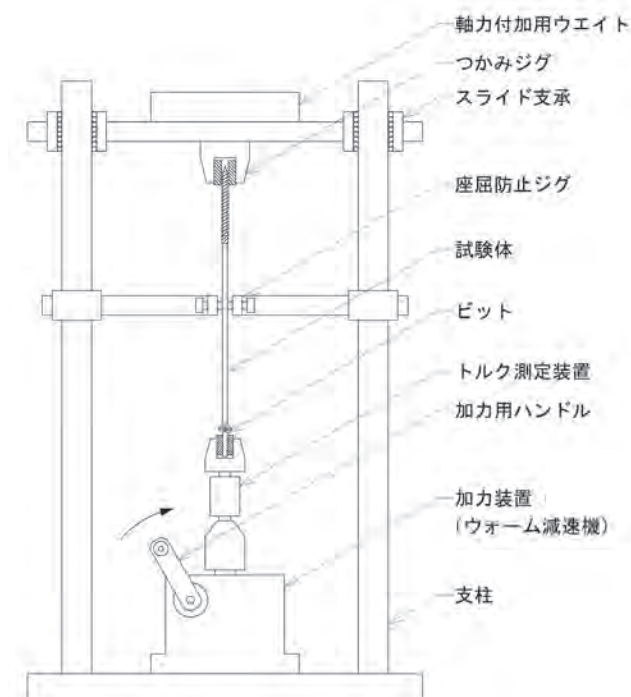


図6 ねじり強さ試験装置の例

付着層の状態や形状が付着強度に及ぼす影響を評価

付着層を設けた超高強度合成繊維補強コンクリート(ESCON)と普通コンクリートの付着強度試験

comment

本稿では、株式会社 エスイー（以下、依頼者）から提出された“付着層を設けたESCONと普通コンクリートの複合板”について、コア供試体を採取し、付着強度試験を行った結果を紹介する。なお、本試験は飛鳥建設株式会社と依頼者の共同研究の一貫として行ったものである。

「ESCON（エスコン）」とは、Extra-High Strength Concreteの略称で、依頼者が開発した“超高強度合成繊維補強コンクリート”である。ESCONの特性として、フレッシュ時の自己充填性、圧縮強度150N/mm²以上の超高強度、及び、中性化抵抗性・遮塩性などの高耐久性が挙げられる²⁾。このような特性を持つESCONは、グラウンドアンカー用受圧板、床版、水利構造物の耐摩耗部材等に採用されており、今後も様々な用途への適用が考えられている。

本試験は、ESCONの埋設型枠への適用を検討するにあたって、付着層を設けたESCONとコンクリートの付着強度を確認した試験である。“埋設型枠”は、コンクリート打設後も取り外さず、構造物の一部となる型枠である。そのため、コンクリートと埋設型枠となるESCONとの付着強度が重要である。試験方法は、NEXCO試験法422-2004より、コンクリート打ち継ぎ部の既設コンクリート表面の処理方法の評価を対象とした付着性能試験方法を準用した（写真4参照）。試験結果は、表1に示すように付着強度のばらつきが小さく、依頼者の定めた目標強度（1.5N/mm²以上）を満足した（表1参照）。

付着面の湿潤状態や粗度（粗さ）なども付着強度に影響する要因であることから、この他にも様々な条件で付着試験を行っている。

1. 試験内容

依頼者から提出された供試材（エンボス加工樹脂シートによる付着層を設けたESCONと普通コンクリートの複合板）について、付着強度試験を行った。

2. 供試体

図1に示す供試材から、湿式コアドリルを用いてφ100mmのコア供試体（以下、供試体）を3本採取した。供試体の採取状況を写真1に示す。なお、供試体の採取は、供試材の端部の影響を避けるため、写真2の位置で行った。採取した供試体は、端面を研磨機で湿式研磨したのち、鋼製の引張試験用ジグとエポキシ樹脂で接着した。ジグ接着

後の供試体を写真3に示す。

なお、試験材齢時における各材料の圧縮強度は157N/mm²（ESCON）及び、42.7N/mm²（普通コンクリート）であった（依頼者提出資料による）。

3. 試験方法

付着強度試験は、NEXCO試験方法 第4編構造関係試験方法 試験法422（付着性能試験方法）に準じて行った。ユニバーサルジョイントを介して万能試験機に設置した供試体に、破壊に至るまで引張荷重を連続的に加えた。付着強度試験状況の一例を写真4に示す。

最大荷重を破断面積で除して付着強度を算出し、破壊状況を目視観察した。

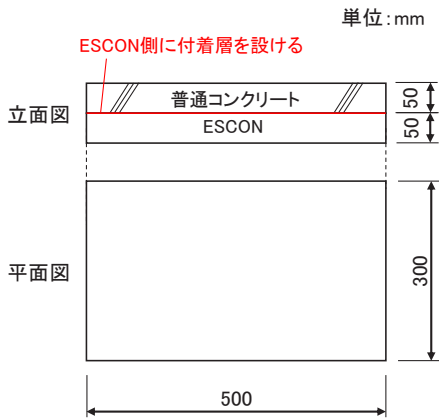


図1 供試材の詳細



写真1 供試体の採取状況



写真2 供試体の採取位置

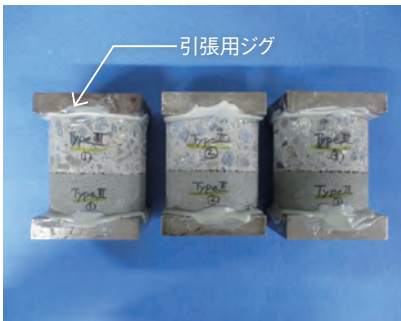


写真3 ジグ接着後の供試体



写真4 付着強度試験状況の一例

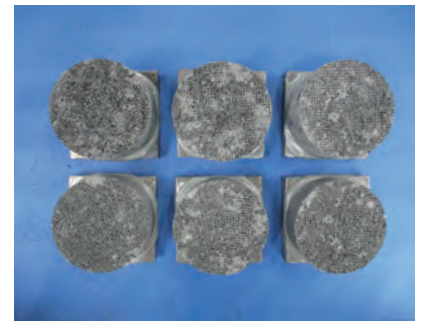


写真5 破壊状況

表1 付着強度試験結果

試験項目	No.1	No.2	No.3	平均	主な破壊箇所
付着 [引張] 強度 (N/mm ²)	2.11	2.30	2.19	2.20	コンクリートと ESCON の界面破壊及び コンクリートの凝集破壊

4. 試験結果

付着強度試験結果を表1に、破壊状況を写真5に示す。

5. 試験の期間、担当者および場所

期 間 2021年10月18日～22日
 担当者 材料グループ
 統括リーダー 鈴木 敏 夫
 主幹 渡 辺 一
 主任 泉 田 裕 介
 齊 藤 辰 弥 (主担当)
 場 所 中央試験所 (埼玉県草加市稲荷5丁目21番20号)

(発行番号：第21A2242号)

※この欄で掲載する報告書は依頼者の了解を得たものです。(抜粋・編集して掲載)

参考文献

- 1) ESCON協会HP：ESCONとは等
<https://escon.gr.jp/> (参照日：2022/3/7)
- 2) 株式会社 エスイーHP：ESCON事業分野等
<https://se-escon.jp/about/> (参照日：2022/3/7)

author for comment

齊藤辰弥

総合試験ユニット 中央試験所 材料グループ
 <従事する業務>
 無機材料の品質性能試験

【お問い合わせ先】

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

載荷を伴う防耐火構造試験の載荷作業を自動化

防耐火構造試験用自動載荷装置の導入

1.はじめに

防耐火構造の試験において、荷重を支持する部材を含む仕様については、その部材の材料強度等から算出された荷重を載荷しながら加熱試験を実施します。また載荷する時間は、防火構造試験及び準耐火構造試験では加熱終了まで、耐火構造試験の場合は放冷時間終了までとなります。放冷時間は原則加熱時間の3倍となりますので、例えば2時間の耐火試験の場合では放冷時間が6時間となり、加熱時間の2時間を加えると計8時間となります。さらに木質系の部材では、燃え止まったことが確認できるまで放冷時間を延長する必要があるため、載荷時間はさらに長時間となります。

この度西日本試験所では、載荷の制御を自動化し、作業効率の向上、長時間試験への容易な対応を目的として、自動載荷装置を導入いたしましたのでご紹介します。

2.装置概要

本装置(写真1)は油圧ポンプユニット、コントローラ、動ひずみ計、ロードセル、油圧ジャッキで構成されます。また、動ひずみ計から出力される荷重データはデータロガーを介して計測用PCに保存されます。本装置の主な仕様を表1に、装置構成及び制御フローを図1に示します。

油圧ポンプユニットの制御はコントローラで行われます。ロードセルから動ひずみ計を介して出力される荷重信号(DC電圧0~±5V)はコントローラへ入力され、コントローラは荷重信号の現在値が設定値(試験荷重)と同じになるように、油圧ポンプユニット内の比例制御モータ、高速オンオフ弁を駆動させて、油圧ジャッキに供給されるオイルの加圧、減圧の調整を自動で行います。これにより、試験体に載荷される試験荷重は一定に保持されます。

なお、油圧ポンプユニットのオイル吐出口及び油圧ホースは2系統用意されており、コントローラ及び動ひずみ計は容易に移動できるようになっているため、壁炉、水平炉どちらの試験にも対応可能になっております。



写真1 自動載荷装置

表1 本装置の主な仕様

油圧ポンプ ユニット	型式	MP-6ALS-S107 (理研精機)
	モーター出力	0.75kW
	最高使用圧力	70MPa
	吐出量	0.08~0.48L/min
	制御周波数範囲	6~60Hz
	タンク容量	25L (有効油量 16L)
	電源	AC3相200V 2.4kVA
	外形寸法	(D)580×(W)850×(H)955
コントローラ	質量	300kg
	型式	DSC-2A (理研精機)
	入力	4チャンネル (DC 電圧0~±5V) CH1を荷重制御信号に使用
	出力	1チャンネル (DC 0~10V) ポンプ駆動用
動ひずみ計	電源	AC単相100V 200VA
	型式	DA-18A (東京測器研究所)
	測定点数	1点
	ブリッジ電源	2または0.5Vrms (5kHz)
	応答周波数	DC~2.5kHz
	出力	2点 (最大±10V、1V毎で範囲調整可能)
	電源	AC単相100V 6VA (DC12V/24Vも使用可)

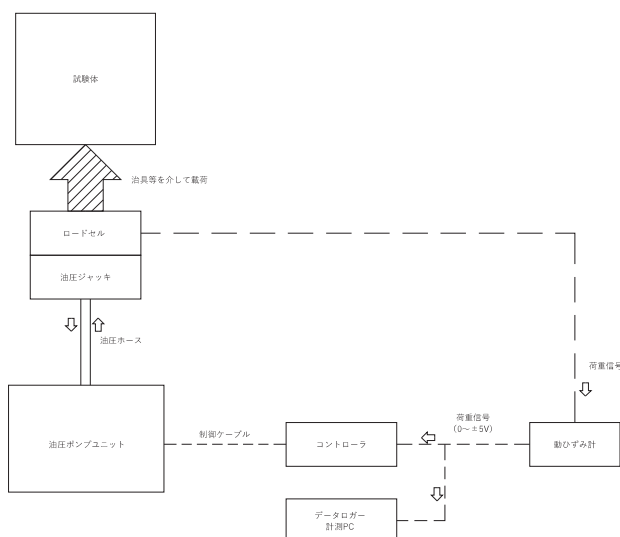


図1 装置構成及び制御フロー

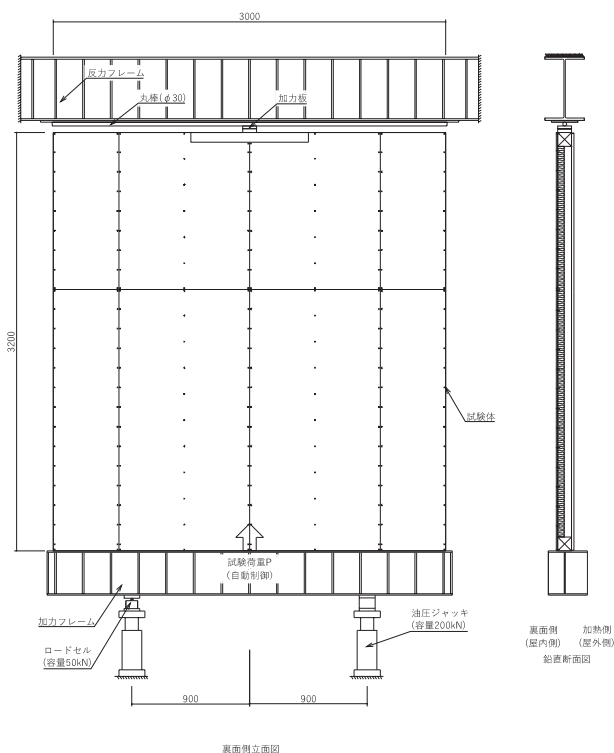


図2 壁炉での試験体設置例

3. 本装置を使用する試験について

前述のとおり、本装置は壁炉、水平炉の両方で使用できるよう考慮された設計となっております。壁、はり、床等の荷重を伴う各種の加熱試験に適用できます。壁炉での試験体設置例を図2に、水平炉での試験体設置例(はりの場合)を図3に示します。また、所有しているロードセルの最大許容荷重は壁炉では～200kN、水平炉では～300kNまでとなっております。

本装置導入以前は、手動式の油圧ポンプを荷重の担当者荷重指示計の表示を確認しながら、試験荷重を一定に保

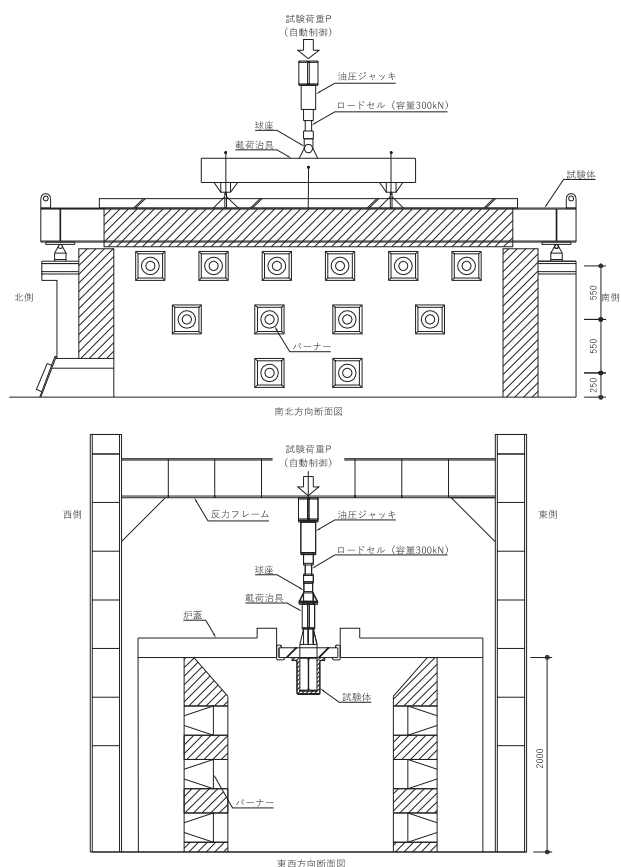


図3 水平炉での試験体設置例(はりの場合)

つよう調整して荷重を実施していました。本装置導入により荷重作業の自動化が図られ、特に木質系部材の耐火構造試験等の長時間にわたる試験の対応が容易になりました。

4. おわりに

本稿では防耐火構造試験用に導入した自動荷重装置についてご紹介しました。今後も試験の効率化を推進していくとともに、皆様にご利用いただきやすい試験環境を目指してまいりますので、試験のご相談、ご依頼をお待ちしております。

author



小椋智高

総合試験ユニット 西日本試験所 試験課

<従事する業務>
防耐火構造試験等

【お問い合わせ先】

西日本試験所 試験課

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

乳幼児の製品事故防止を目的とする試験方法規格

JIS S 0122「乳幼児に配慮した製品の
共通試験方法―部品の外れ」の制定

1. はじめに

厚生労働省人口動態統計月報の死因順位別死亡数・死亡率、性・年齢（5歳階級）別の表によると、死因項目の「悪性新生物＜腫瘍＞」、「呼吸障害等」、「不慮の事故」、「乳幼児突然死症候群」等のうち、乳幼児では今なお「不慮の事故」が上位に位置している。また、独立行政法人 製品評価技術基盤機構（以下、「NITE」という。）の事故情報（<https://www.nite.go.jp/jiko/jikojohou/index.html>）では、当該規格開発当初の1997～2015年に乳幼児用製品の事故が約1700件確認された。これらの情報を、ISO/IEC Guide50（JIS Z 8050：2016安全側面－規格及びその他の仕様書における子どもの安全の指針）に記載されているハ

ザード（危害の潜在的な源。JIS Z 8050：2016の定義による。1)）の項目別に分類し、約1700件の事故情報それぞれの被害状況に重み付けを行ったのが図1である。図1より部品外れのハザードの点数が高いことが明らかになった（部品外れのハザードは、ISO/IEC Guide50（JIS Z 8050：2016）においては構造的な堅ろう性の項目に含まれる。NITEの事故情報では、製品からねじ等の部品が分離する、セーフティガードが外れる等の事象があった。）。

JIS S 0122「乳幼児に配慮した製品の共通試験方法―部品の外れ」は、乳幼児が触れる可能性のある製品の安全対策として作成された試験方法の一規格であり、令和4年1月20日付けで制定された。部品外れは、部品が外れることによって乳幼児が転落・転倒する、外れた部品を乳幼児が飲み込み窒息したり内臓を損傷したりする等によって致命傷に至る場合もあるため、部品外れの可能性を確認することは重要である（JIS S 0122の序文から引用2)）。

以降にその概要を紹介する。

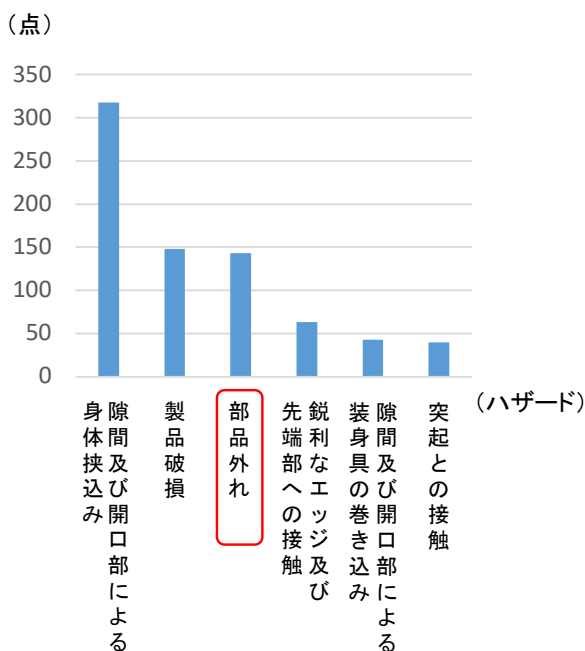
2. 部品外れの試験方法の特徴

JIS S 0122は、図2-a)～図2-f)で例示した消費生活用製品に共通して適用できる試験方法規格である。また、この規格は乳幼児が触れたり操作したりすることによって部品が外れるハザードが確認できるもので、乳幼児の操作力を考慮した試験荷重を設定することを記載されている等の特徴を持つ。附属書には、試験荷重を設定するために必要な乳幼児の操作力等の参考データが掲載されている。参考データの項目は、箇条6.で示す。

3. 適用範囲について

この規格の適用範囲は、「乳幼児に配慮すべき製品に付いている部品のうち、乳幼児がつかむことができる部品（装飾部品等）、身体を預けたり体重を乗せたりする身体支持部品（安全ベルト、セーフティガード等）、製品を構成するフレーム、製品固定部品（ねじなど）等」2)であり、幅広い製品を対象としている。

また、この規格では、乳幼児が生後0か月から84か月（7歳）未満の乳幼児（以下、「乳幼児」という。）と定義されている。さらに、心身に障害があることを考慮した、実年齢



注記) 重み付けの方法
 死亡：事故件数×4点
 重傷：事故件数×3点
 軽傷：事故件数×1点
 被害拡大：事故件数×1点
 被害なし：事故件数×0点

図1 事故件数×被害状況の重み付けの合計点数の上位6つのハザード

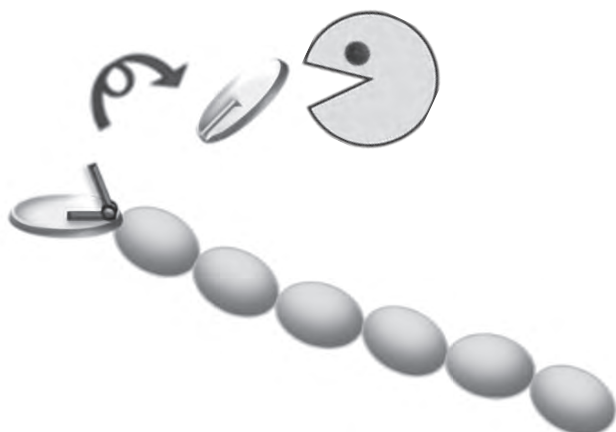


図2-a) 部品外れの例1
— ホルダー等のクリップの外れのイメージ

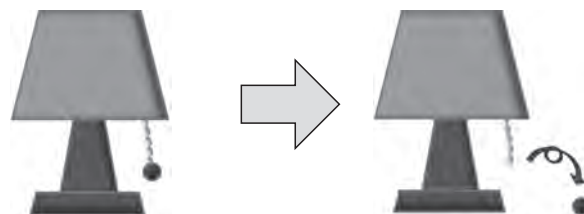


図2-d) 部品外れの例4
— 持ち手の外れのイメージ



図2-b) 部品外れの例2
— 装飾部分の外れのイメージ



図2-e) 部品外れの例5
— 持ち手の外れのイメージ

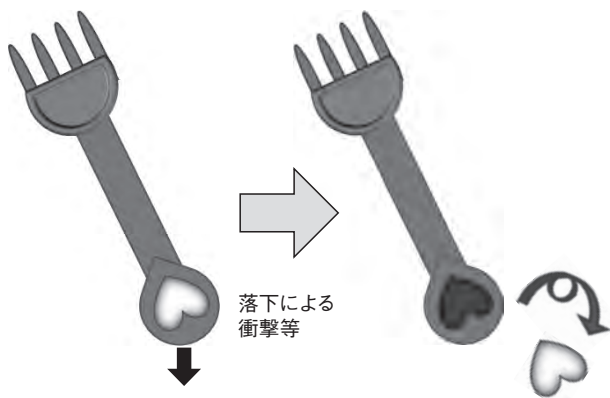


図2-c) 部品外れの例3
— 装飾部分の外れのイメージ

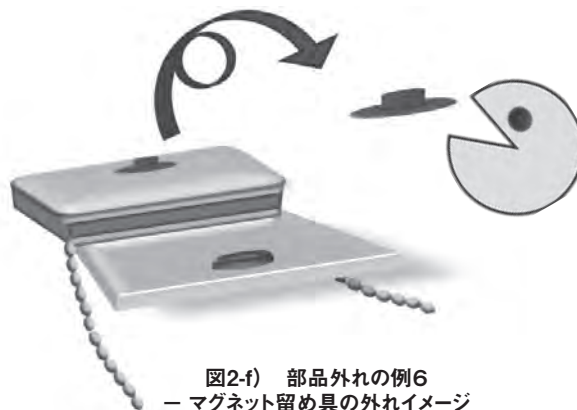


図2-f) 部品外れの例6
— マグネット留め具の外れイメージ

によらない乳幼児と同等の身体特性をもつ者の安全管理方法としてこの規格を用いることも可能とされている (JIS S 0122の解説を参照)。この配慮は、先に制定されたJIS S 0121:2021「乳幼児に配慮した製品の共通試験方法—隙間・開口部による身体挟込み」と同様である。

なお、「意図して着脱するよう設計されている部品 (条件によっては又は条件によらずに外れてよい部品) には適用しない」²⁾ことは留意すべき点である。

4. 部品外れによって想定されるリスクについて

JIS S 0122では、部品外れによって想定されるリスク

(危害の発生確率及びその危害の度合いの組み合わせ。JIS Z 8050:2016の定義による。¹⁾) を、以下のとおり挙げており、参考にできるリスクの確認方法が紹介されている。

- 小部品の外れによる誤飲又は誤えん(嚥)のリスク
- 部品外れによる乳幼児の転落・転倒のリスク
- 部品外れによる切傷・刺傷・擦傷・やけどのリスク

誤飲又は誤えん(嚥)のリスクでは、外れた小部品を誤飲又は誤えん(嚥)をして窒息する可能性や内臓を損傷す

る可能性、電池や磁石の収納部の蓋が外れて電池や磁石を誤飲して内臓損傷に至る可能性を例に挙げている。

転落・転倒のリスクでは、転落防止柵やセーフティガード等が外れて転落・転倒する可能性を例に挙げている。

切傷・刺傷・擦傷・やけどのリスクでは、部品が外れることによって、その部品や部品が取り付けられていた側に鋭利な部分が露出して身体に切傷等を負う可能性を例に挙げている。

JIS Z 8050 : 2016「安全側面－規格及びその他の仕様書における子どもの安全の指針」を参照して危害の防止及び低減に努めることと同様に、JIS S 0122に基づく部品外れ

のハザードの検討・確認、及び部品が外れた後のリスクの検討・確認を行うことが、乳幼児に配慮すべき製品に求められるだろう。

5. 試験項目について

試験は、乳幼児の部品の扱い方によって次の3項目に分けられ、さらに荷重方向に応じて試験方法が記載されている。²⁾

●幼児がつかむ・つまむ・くわ(咥)えることができる部品の外れ

－小部品へのトルク試験、引張試験

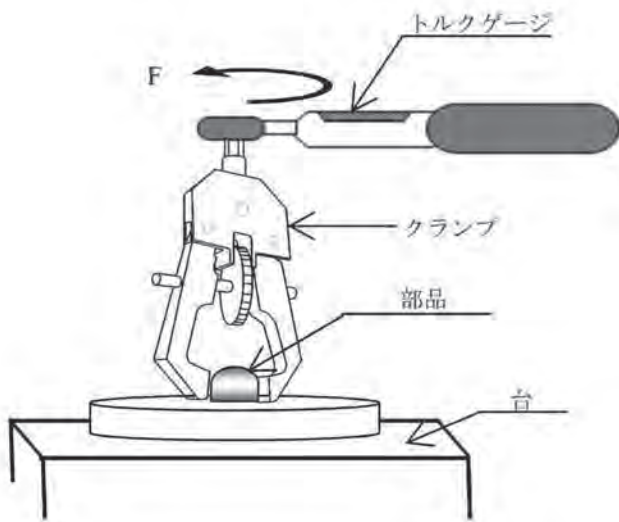


図3-a) 試験イメージの例1²⁾
－小部品へのトルク試験の例

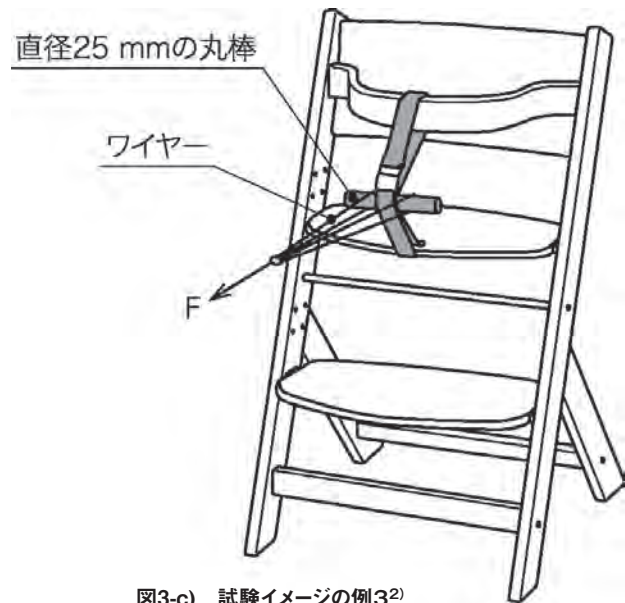


図3-c) 試験イメージの例3²⁾
－引張試験の例

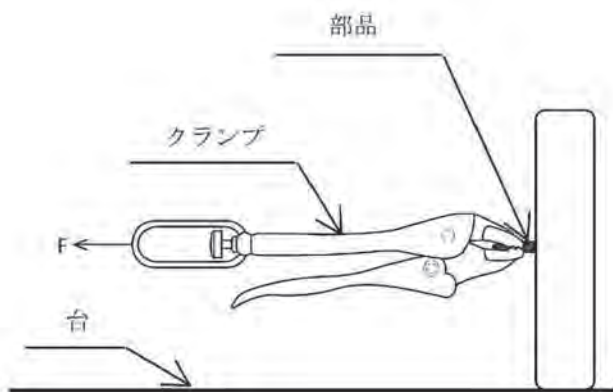


図3-b) 試験イメージの例2²⁾
－小部品への引張試験の例

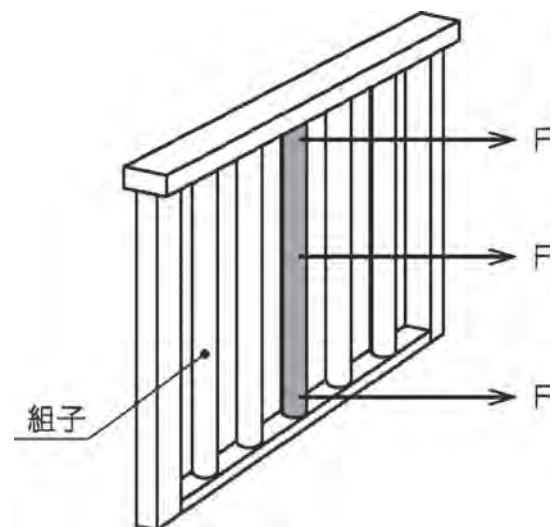


図3-d) 試験イメージの例4²⁾
－引張試験の例

- 押し引き力による部品外れ
 - 押力試験、引張試験
- 製品落下による部品外れ
 - 製品の落下衝撃試験
 試験のイメージを図3-a)～図3-d)に示す。

6. 参考データ「子どもの身体特性」について

JIS S 0122 附属書Aには、試験荷重を検討及び設定するための参考データとして、表1の項目のデータが記載されている²⁾。これらのデータは、乳幼児の特徴を製品設計等に反映させる情報として有用といえる。

表1 参考データ「子どもの身体特性」の項目²⁾

確認試験		操作高さの条件
大項目	小項目	
乳幼児がつかむ・つまむ・くわ(啜)えることが可能な部品外れ	レバーを手でつかんでひねる力	450 mm
	手でつかんで引く力	
押し引き力による部品外れ	押す動作の力	400 mm、600 mm、800 mm
	引く動作の力	
	レバーを手でつかんで押し下げる力	450 mm
	1本指で押す力	
製品落下による部品外れ	背伸び到達高さ	—
	成人の肘頭高	—

7. 表示について

JIS S 0122 附属書Bには、乳幼児が触れる可能性を考慮した禁止事項や警告事項の表示例、及び部品外れを考慮した表示例が記載されている。製品や梱包材へ禁止事項等の表示を検討する際に、ぜひ参考としていただきたい。

8. おわりに

JIS S 0122は、乳幼児の製品事故防止を目的として、NITEが事故情報や既存規格(CEN/TR 13387-3、ASTM F404等)を調査して作成した試験方法案を基にJIS原案作成委員会(経済産業省の委託事業)で議論され、JIS化に至った規格である。試験方法案のJIS化に当たりお力添えいただいた、JIS原案作成委員会の持丸正明委員長(国立研究開発法人 産業技術総合研究所)をはじめ、分科会主査 西田佳史教授(国立大学法人 東京工業大学)、委員及び関係者の皆様、そして経済産業省のご担当の皆様がこの場を借りて深く感謝申し上げます。

乳幼児に配慮した安全性を確認する製品規格(例えば、JIS T 9112「ほ乳瓶」等)が存在する製品もあるが、製品

規格がない製品に対しては、乳幼児に対する安全性をより向上させるために、JIS Z 8050「安全側面－規格及びその他の仕様書における子どもの安全の指針」、及びJIS Z 8150「子どもの安全性－設計・開発のための一般原則」を参照されるとともに、JIS S 0121「乳幼児に配慮した製品の共通試験方法－隙間・開口部による身体挟込み」及びJIS S 0122:2022「乳幼児に配慮した製品の共通試験方法－部品の外れ」が活用されることを期待する。

引用文献

- 1) JIS Z 8050:2016 安全側面－規格及びその他の仕様書における子どもの安全の指針
- 2) JIS S 0122:2022 乳幼児に配慮した製品の共通試験方法－部品の外れ

参考文献

- 3) JIS S 0121:2021 乳幼児に配慮した製品の共通試験方法－隙間・開口部による身体挟込み

author

鹿野歩子

独立行政法人 製品評価技術基盤機構
製品安全センター 技術基準・規格課 主査

<主な担当業務>
技術基準・規格等の提案、作成支援

2021年度調査研究事業報告

企画調査課

建材試験センターでは、官公庁・自治体や民間企業・団体等からの依頼を受け、政策の普及促進や国内外の標準化活動、技術開発を支援する試験・評価方法の開発等を目的とした調査研究を実施している。調査研究の課題はその時々々の社会ニーズに沿ったものが多く、近年では、「省エネルギー」、「地球温暖化対策」、「居住環境の安全・安心」といった課題を中心に、試験・評価方法の開発を進めている。

本稿では、2021年度に委託または請負を受けて実施した2件の調査研究事業(表1参照)について、その成果概要を報告する。

表1 調査研究事業 一覧

No.	件名	依頼者	実施期間
1	リフォーム等における適切なアスベスト処理のための調査／「石綿(アスベスト)含有建材データベース」の維持管理及び運営に関する検討事業	住宅リフォーム推進協議会	2021年度
2	基整促E15:住宅における日射熱の遮蔽・利用に関する地域性を活かした技術の評価手法の検討	国土交通省	2020～2021年度

1. リフォーム等における適切なアスベスト処理のための調査／「石綿(アスベスト)含有建材データベース」の維持管理及び運営に関する検討事業

1.1 事業概要

「石綿(アスベスト)含有建材データベース」(以下、「データベース」という。https://asbestos-database.jp/)は、建設事業者、解体事業者、住宅・建築物所有者等が、解体、改修及びリフォーム対象の建築物に使用されている建材の石綿(アスベスト)含有状況を把握する調査の際に、情報を簡易に収集できるようにすることを目的に構築され、国土交通省及び経済産業省より、2006年12月より公表されている。本事業では、2,126建材の情報を登録しているデータベースの維持管理のほか、適切な情報の提供及びユーザーの利便性の向上を目的とした改善・検討を実施している。なお、本事業は、国土交通省の補助事業として(一社)住宅リフォーム推進協議会が受託し、当センターが全面的に協力している。実施にあたり、行政・学識者・関係建材メーカー・調査診断関係機関から構成される運営委員会を組織して行った。

1.2 成果

2021年4月の改正石綿障害予防規則、大気汚染防止法の施行により、建築物の解体や改修の際には、事前に全ての建材について石綿の有無を調べる事前調査が必要となった。

事前調査にデータベースが活用されていることを踏まえ、今年度はWebサイトを更新し、以下のとおり取り組んだ。

(1) データベースの維持管理

建材メーカーや委員発議によるデータベース登録情報の修正依頼に対して、効率的な更新対応を目指し、登録情報

更新依頼の様式を定め、試行的な実施を開始した。また、利用者からの要望に応えるべく、あいまい検索の実装を進め、更に、データベースに新機能を設けて検索結果の印刷機能の強化を図る等の対応を行った。

(2) データベースの登録情報の追加に関する検討

事前調査の実施に際して、データベースに掲載されていない建材が多いとの指摘があり、これに応えるべく、「分析調査結果」等を根拠情報としてデータベースへ情報を追加登録することを想定した検討を進めた。今後はデータベースへの情報の出し方についても検討を行う必要があることを確認した。

(3) データベースの利用に関する調査に向けた住宅リフォーム業界の現状把握

データベースの利用者の利便性を向上するために定期的利用者に対して調査を実施している。事前調査はリフォームに対しても強化され、これを受けて、住宅リフォーム業界の現状について情報を共有した。

1.3 今後の計画・取り組み

改正関係法令の施行により、2022年4月から、一定規模以上の解体や改修に対して、施工業者は事前調査結果の報告が義務となり、データベースの利用者の増加が見込まれている。このような情勢を意識し取り組んでいきたい。

2. 基整促E15:住宅における日射熱の遮蔽・利用に関する地域性を活かした技術の評価手法の検討

2.1 事業概要

建築物省エネ法における住宅の外皮性能の評価は、主に断熱技術を中心に検討されてきたため、日射熱の遮蔽・利用に関する技術については、適切な評価方法がない。その

ため、省エネに効果がある技術で特に蒸暑地域で用いられるような技術について適切に評価をすることを目的とし、シミュレーション結果を基に評価方法の検討を行った。

本事業は、昨年度に引き続き2か年計画で実施した。

2.2 成果

建築物省エネ法において規定されている、住宅における日射の指標（ ηA 値：平均日射熱取得率）の計算方法と比較し、同格に位置づけられるような評価方法を検討することを目標に、3種類の技術（日射遮蔽部材、開口部付属部材及び緑化）に関して調査・検討を実施した。

具体的には、上記の3種類の技術に関して、それぞれWGを組織し、各WGにおいて、実験データを用いた解析やシミュレーション等による検討を行った。また、その検討結果を評価方法として取りまとめて提案した。

(1) 日射遮蔽部材に関する技術

通気工法や通気ブロック等、通気層を有する壁体は、通気層による排熱効果が期待されるが省エネルギー基準において正しく評価されておらず、技術普及の阻害要因となっている。また蒸暑地で一般的に用いられている花ブロックは、日射遮蔽効果が期待されるが、その効果の具体的な評価方法は整理されていない。そこで、通気層を有する壁体等の熱的性能の計算方法と、花ブロックの日射遮蔽効果の評価方法について検討した。

2020年度は通気層を有する壁体等の熱的性能を正しく評価できる簡易計算方法を提案した。また、省エネルギー基準での評価への適用にあたり、通気層の対流熱伝達率、通気層の放射熱伝達率の計算例を提示した。

2021年度は花ブロックの評価を対象とし、既往の研究結果を踏まえ、日射遮蔽効果の計算を精緻に行うために作成したプログラムについてパラメトリックスタディを行い、花ブロックの期間日射遮蔽効果を推定するモデルを提案した。また、地域区分、方位別に、花ブロックの期間平均総合透過率を推定する近似式の係数の同定を行った。

更に、花ブロック等の外部遮蔽物の期間平均総合透過率を省エネルギー基準における日射遮蔽性能の評価法へ適用する方法についての検討を進めた。

(2) 開口部付属部材に関する技術

付属部材のある窓の日射熱取得率は、JIS A 2103で計算方法が規定されているが、グレージングと付属部材との間に形成される中空層の扱いが十分に整理されておらず、技術評価の課題となっている。そこで既往の検討事例を踏まえ、付属部材を有する窓の日射遮蔽効果の評価方法について、現状の課題を整理するとともに新たな評価方法の検討を行

った。

窓の付属部材の日射遮蔽効果について、省エネルギー基準に適用するための評価方法及び指標を検討するため、2020年度はスクリーンを、2021年度はベネシャンブラインドを対象に付属部材を有する窓（グレージング複合体）において中空層の換気に伴う熱移動を加味した熱平衡モデルを組み立て、JIS A 1493による実験結果に基づいて熱平衡モデルの解析を行った。解析結果より、組み立てた熱平衡モデル、対流熱伝達率及び換気熱伝達率を定式化する手順を整理し、付属部材を有する窓の日射熱取得率の新たな評価方法について検討を進めた。

(3) 緑化に関する技術

樹木や緑化等の技術については、現行の省エネルギー基準では評価対象ではないため、外皮の性能値（平均日射熱取得率）の計算に必要な仕様を整理する必要がある。そこで樹木や緑化等の技術を用いた際の平均日射熱取得率（ ηAC 値）等の熱的指標の評価方法を定めることを検討した。

2020年度は、樹木による日射遮蔽効果の定式化を目指し、各種係数の算出方法の検討を行った。検討に基づいたシミュレーションを実施し、樹木の有無や距離による影響を算出することができた。2021年度は、樹木や緑化等の技術を用いた際の ηAC 値等の熱的指標について、日除け効果係数計算を行うための既往のレイトレーシングプログラムの改良及びそのプログラムを用いた ηAC 値の算定方法の妥当性の確認を行い、評価方法を提案した。また、このプログラムを用いることにより、グリーンカーテンにおいても簡易計算が行えることが確認された。更に、数値解析を行うことにより、樹木の形態や配置が開口部の平均日射熱取得率の熱負荷に影響を与えることを明らかにした。

2.3 まとめ

日射熱の遮蔽・利用に関する3つの技術の調査項目に対してそれぞれの課題を整理し、定量的な評価手法を提案した。2年間の本調査事業を通じて、当初の目的をほぼ達成することができた。

author

宮沢 郁子

認証ユニット ISO 審査本部
マネジメントシステム認証課 課長

木村 麗

経営企画部 企画調査課 主査

原田 七瀬

経営企画部 企画調査課 主任

中里 匡陽

総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ 主査

「中央試験所 新防耐火試験棟(建屋)竣工」のお知らせ

中央試験所

1.はじめに

本誌(建材試験情報)及びSNS等で逐次報告してきましたが、この度、建材試験センター中央試験所(以下、中央試験所)の「新防耐火試験棟」の建屋が竣工いたしましたので、改めてお知らせします。

新防耐火試験棟(以下、新試験棟)の建設は、老朽化が著しい既存の防耐火試験棟及び試験設備の更新を主な目的とした「中央試験所の第二期施設機器整備計画」における主要な事業になります。新試験棟(建屋)の建設工事は、コロナ禍で厳しい環境でしたが、2021年6月に着工し、計画どおり2022年3月30日に竣工いたしました(写真1~写真5参照)。今回は、新試験棟の概要及び今後の試験設備の設置計画についてご紹介します。

2.新試験棟の概要

新試験棟の仕様は、鉄骨造、平屋建て(一部3階)で、長辺方向(南北方向)が104m、短辺方向(東西方向)が12m、高さが15m程度であり、我が国で最大規模の防耐火試験棟となります(図1参照)。なお、新試験棟の南端には、お客様用の控室6室(1、2階)及び会議室(3階)を設置しています。

3.試験設備の設置計画

新試験棟に新規設置する試験設備は、最終的には、耐火試験炉6基、多目的試験室及び二次燃焼炉(脱煙脱臭炉)7基を予定しています(図1参照)。

試験設備の新設は二か年に分けて実施する計画であり、2022年度は、水平炉、載荷壁炉、1号壁炉の3基の耐火試験炉及び多目的試験室並びに付属する脱煙脱臭炉4基を新設いたします。当該新設工事は、2022年4月から着手し年内の完了を目指し、耐火試験炉については2023年度から本格稼働する計画となっています。また、2023年度には残りの試験設備を新設する予定です。なお、試験設備の新設後、当面の期間は、既存の試験設備との併用を予定しています。

4.おわりに

新試験棟(建屋)の建設工事は、大きな事故もなく予定どおり2022年3月30日に竣工いたしました。当該建設工事にご尽力いただいた全ての関係者の方々に誌面をかりて深く感謝申し上げます。

現在、新試験棟では試験設備の新設工事に取り組んでいます。当該工事を計画どおりに完了し、一日でも早く依頼者皆様のニーズ及び利便性に貢献したいと思っています。

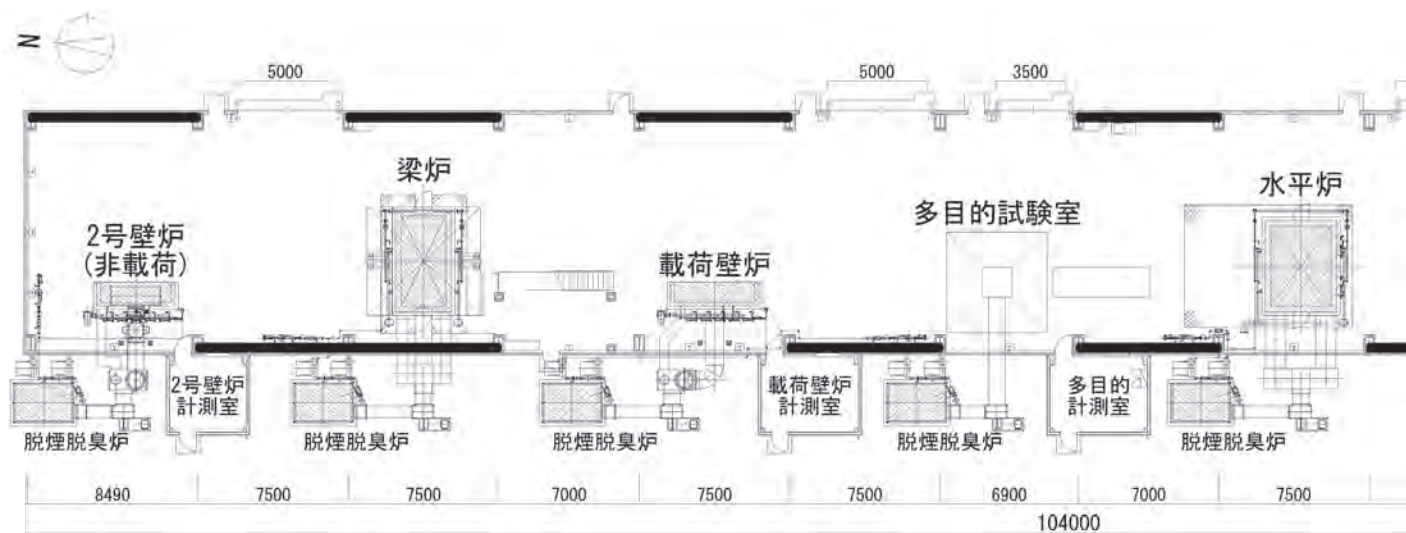


図1 試験棟の平面及び試験設備の配置図



写真1 新試験棟の中央から北側



写真2 新試験棟の内部(北側からの全景)



写真3 新試験棟の内部(キャットウォークからの全景)



写真4 南側からお客様の控室入り口

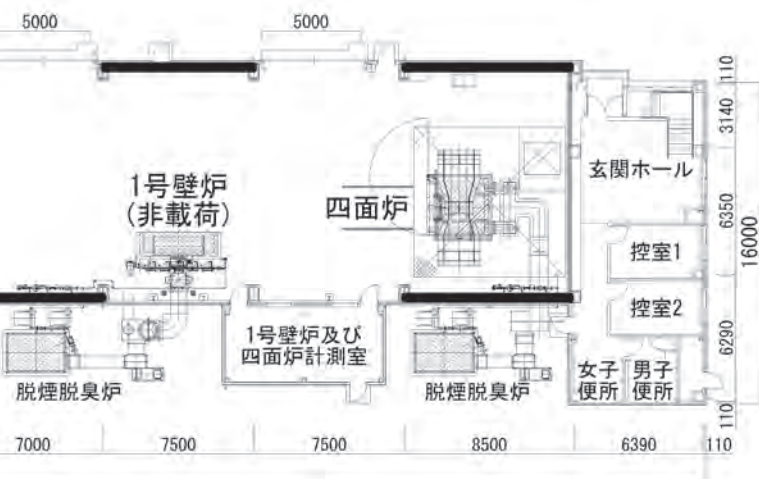


写真5 玄関ホール

【お問い合わせ先】

中央試験所 防耐火グループ
 TEL : 048-935-1995 FAX : 048-931-8684
 性能評価本部
 TEL : 048-935-9001 FAX : 048-931-8324

「わが国における住宅用エレベーター・変遷の概要」

東京理科大学 名誉教授 真鍋恒博

前号に引き続き、今回は「住宅用エレベーターの変遷」について述べる。ここで扱う対象は集合住宅用エレベーター、および一般の住宅用エレベーターであり、対象となる時代範囲は、概ね1955年頃から2000年頃までである。ただし一般の戸建住宅にエレベーターが普及する時期は、集合住宅から30年ほど遅れるので、集合住宅と戸建住宅の二部に分けて述べる。

1：集合住宅用エレベーターの変遷

1-1. 集合住宅用エレベーターの登場

集合住宅にエレベーターが設置された最初の事例は不明であるが、以前に研究室で調査した事例としては、1933(S08)年の東和アパート(株日立製作所)や、1934(S09)年の同潤会アパート(江戸川アパート・大塚女子アパートなど)などが挙げられている。

上記以外にも、非住宅用エレベーターと同様のエレベーターが集合住宅に設置されていたと考えられるが、初期のエレベーターの運行は運転手の乗務による方式が主であったことから、集合住宅にエレベーターが設置される事例はまだ少なかったと考えられる。

1-2. 集合住宅用規格形エレベーターの登場

集合住宅にエレベーターが本格的に設置されるようになったのは、日本住宅公団によってエレベーターが設置されるようになってからである。日本住宅公団が設立されたのは1955(S30)年であり、1957(S32)年に日本住宅公団によって規格形(公団型)エレベーターの研究が開始され、1958(S33)年には10階建の赤坂・溜池アパートに公団住宅で初めてエレベーターが設置された。かごの寸法を決定するため、公団住宅に住んでいる人の家具のサイズや種類を調査して引越用にピアノや自転車が入る大きさとし、入口は住宅の幅と同じ800mmとされた。また、10階建ての集合住宅が設置対象とされ、速度は30m/分、11人乗りと決

められた。

上記のエレベーターは、「KJ形エレベーター」と呼ばれ、エレベーターの規格化の最初の事例となった(「KJ」は「公共住宅用」の略称)。その後、1961(S36)年に三菱電機(株)から『エレベット』、(株)日立製作所から『日立A形エレベーター』が発売された。これらの規格形エレベーターは、集合住宅だけでなく中小ビルにも用いられるようになり、規格化によって大量普及の時代を迎えたと考えられる。

なお、1969(S44)年に東洋オーチス・エレベータ(株)から発売された『モデライズ・エレベーター』では、M-4000シリーズ(積載荷重400kg、速度45m/分及び60m/分)、M-6000シリーズ(積載荷重600kg、速度45m/分及び60m/分)、M-7500シリーズ(積載荷重750kg、速度30m/分及び45m/分)の6機種があった。1982(S57)年の時点でも、同社の6機種が市場の7割を占めていたと言われる。

1-3. 斜行エレベーターの需要増

1982(S57)年頃には、自然保護の目的から傾斜地をそのまま生かした地形にマンションなどが建てられるようになり、斜面に沿って走行する斜行エレベーターが設置されるようになった(図18-1)。

1-4. 中低層集合住宅向けのエレベーターの開発

当初の集合住宅用エレベーターは10階建ての集合住宅

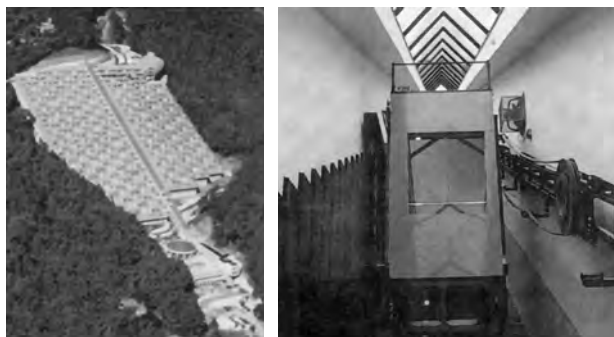


図18-1 斜行形エレベーター：屋外俯瞰、屋内

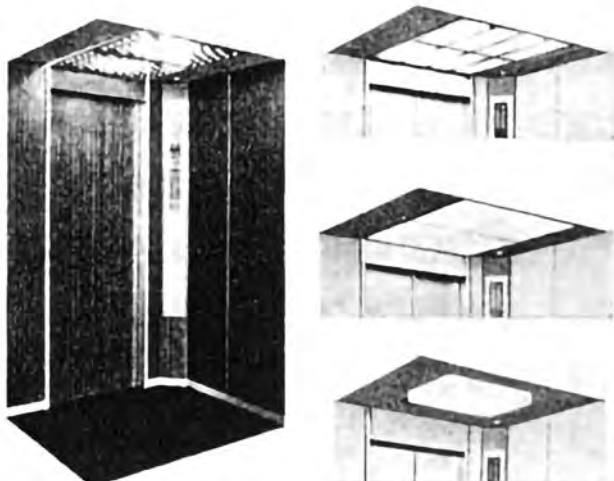


図18-2 『コンパクト4』

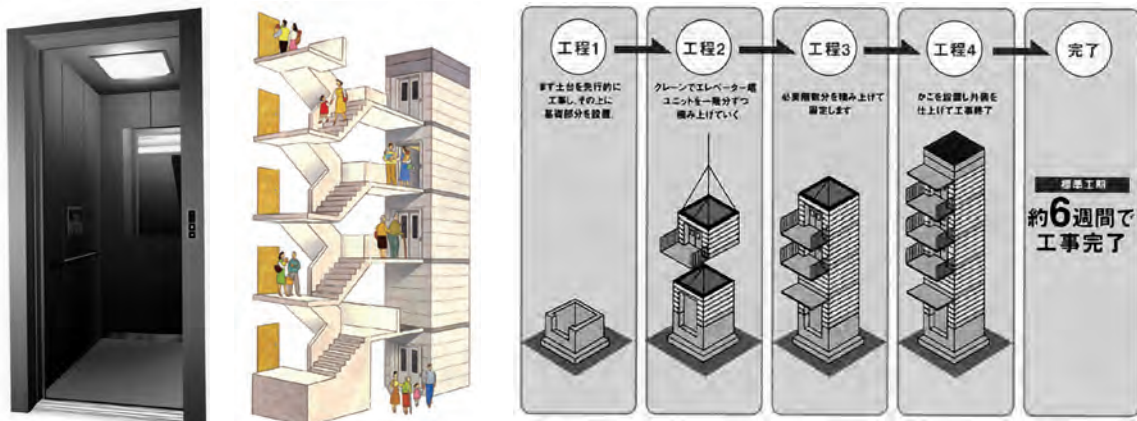


図18-3 『クラシアス』

に設置されたが、福祉化社会及び高齢化社会の到来などによって、中低層集合住宅にもエレベーターが要望されるようになってきた。中低層集合住宅用エレベーターの製品例には以下のようなものがある。

1976 (S51) 年に、三菱電機(株)によって5階以下の中低層集合住宅を対象とした『コンパクト4』が開発された(図18-2)。これは既存のエレベーターを単に小型化したものではなく、低行程で利用者が少ない使用条件を考慮して巻胴駆動方式などの新しい機構を多く取り入れ、徹底した規格化を図った製品であった。同年、クマリフト(株)によって3~5階の住宅やビル用の『ヘルペット』が発売された。また1997 (H09) 年10月には、(株)日立製作所から中低層共同住宅用エレベーター『レジデンスエース』が発売されたが、これは小規模住宅、低層共同住宅用の4人乗りの機械室レスエレベーターであった。

なお、1996 (H08) 年の中低層共同住宅用エレベーター設計指針(建設省)に準拠している場合は、積載荷重等の規制が緩和された。

1-5. かごの大きさの変化

1999 (H11) 年頃には奥行が2m以上ある「標準型」と呼ばれる13人乗りの製品が登場した。それまでには棺などを運ぶために9人乗りにエレベーターにトランクルームを付けた製品があったが、この「標準型」はトランクルームの空間を上へ延長して自転車などの収納が可能なサイズの製品であった。

1-6. 階段室型エレベーターの開発

1999 (H11) 年頃に、松下電工(株)から階段室型集合住宅用エレベーター『クラシアス』が登場した(図18-3)。公団住宅が建設当初には5階建にはエレベーターの設置は不要とされていたが、建物の老朽化とともに居住者にも高齢者が増え、その対策として開発された製品であった。

この製品は後付けが可能で、ユニットを積み上げる工法で工期短縮したが、コストの関係でさほど普及しなかったとの見解もある。その後2002 (H14) 年には、(株)コーリツの『RK-4』や、横浜エレベーター(株)の階段室型エレベーター



図18-4 集合住宅専用エレベーター『Gen2』

が発売された。しかし実際には、階段室型エレベーターは、構造や敷地条件などのために設置が困難な場合が多かったようである。

1-7. その後の動向

2003 (H15) 年には集合住宅専用エレベーターの開発も見られた。日本オーチス・エレベーター(株)が開発された集合住宅専用エレベーター『Gen2』(図18-4)は、隈研吾によって「光の空間」と「やすらぎの空間」の2種類のかごのデザインが提案されたものである。従来のロープに代わって「次世代フラットベルト」が採用され、「潤滑油が不要で環境に配慮」した製品として宣伝された。

環境配慮製品の開発は非住宅用エレベーターと同様であるが、集合住宅用エレベーターの特徴としては、集合住宅専用のデザインが挙げられる。これは、それまでの製品には見られなかった視点であった。

1-8. 補足：集合住宅用エレベーターの「かご」の平面形状について

集合住宅用エレベーターの「かご」の平面形状の特性として「住宅専用のデザイン」が挙げられる。これは、それまでの製品には見られなかった視点であった。

集合住宅用として設置されるエレベーターには、集合住宅と非住宅のいずれにも設置可能な製品が多く、集合住宅

用エレベーターの材料やデザイン等は非住宅用エレベーターとはほぼ同様である。ここでは集合住宅用エレベーターの構成要素の変遷に於いて特徴的と思われる「かごの平面形状」について述べる。

東芝エレベータ(株)の規格形エレベーターとして最初に1970 (S45) 年に掲載された集合住宅用9人乗りエレベーターのカタログには、速度によって3機種の製品が掲載されている。かごの内り寸法は1000×1600と奥行きが深くなっており、ピアノが搭載可能なことがカタログでは強調されている(図18-5・左)。なお、かごの内り寸法はJIS A4301「エレベーターのかご及び昇降路の寸法」の規定とは異なっている。

1984 (S59) 年には、6人乗りと9人乗り(トランク付)が追加された(図18-5・中)。1970 (S45) 年以後も引き続き採用されている9人乗りに関しても、かごの内り寸法が変更され、追加された6人乗りと9人乗り(トランク付)の規定も含め、全てJISと同じ値となった。2003 (H15) 年には、速度の種類が追加されたが、かごの内り寸法については変更されていない(図18-5・右)。なお、日本オーチス・エレベータ(株)などからは、13人乗りの製品も発売されている。

集合住宅用のエレベーターに関してはここまでとして、戸建住宅用のエレベーターについて述べる。



図18-5 東芝エレベータ(株)カタログ
左から1970・1984・2003年

2：戸建住宅用エレベーターの変遷

2-1. 我が国初の住宅用エレベーター

1924 (T13) 年、東京・港区の後藤新平邸(現・中国大使館)の1階～2階の昇降用にエレベーターが設けられた。後藤新平の母親が高齢のため配慮されたものと言われるが、エレベーターが個人住宅に設置された我が国初の事例とされる。その他にも個人住宅にエレベーターが設置された事例もあると考えられるが、詳細は不明である。なお、住宅用エレベーターの規格はまだ定められていなかったた

め、非住宅用エレベーターと同様の法規に基づいて設置されていた。

謂わば前置きとしての事例についてはここまでとして、以下は戸建住宅用のエレベーターの変遷について述べる。

2-2. 本格的な住宅用エレベーターの登場

上記のような特殊事例とは異なって、一般の戸建住宅にもエレベーターが設置される時代が到来した。1958 (S33) 年に公団住宅にエレベーターが設置されてから30年ほど遅れて1987 (S62) 年に建設省で、個人住宅用エレベーター設計指針が制定されたことが、本格的な住宅用エレベーターが一般化するきっかけとなった。

この設計指針では、エレベーターの昇降行程や大きさを制限した上で、材料や構造上の制約等が緩和された。例えば床面積1.1m²以下、速度は12m/分以下、昇降行程は10m以下、などの規定が決められ、金属やガラス以外に、木材や合成樹脂などの可燃材も使用可能とされた。また、天井救出口を設けなくても良いと言う緩和規定もあったが、これらのエレベーターを設置する場合には建築基準法38条による個別認定が必要であった。

1987 (S62) 年10月、神奈川・小田原市の矢生邸に、個人住宅用エレベーター設計指針に基づく、我が国初の住宅用エレベーターが設置された(図18-6)。その後、松下電工(株)の『ナイスホームエレベーター』や日本オーチス・エレベータ(株)の『エレホーム』、三菱電機(株)の『WELL』のように、各社から、住宅用エレベーターが発売された。以下に、日本オーチス・エレベータ(株)の『エレホーム』(1988/S63年発売)の写真を示す(図18-7)。



図18-6
矢生邸のエレベーター

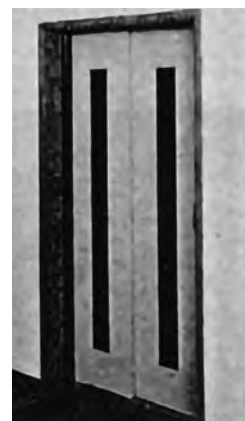


図18-7
『エレホーム』

2-3. 低価格化による普及

この頃の住宅用エレベーターは、500万円程で売られていて高級品のイメージから抜け切れず、あまり普及されなかった。そのため1995 (H07) 年頃に、建設省がエレベーターメーカーに低価格の製品の製造を要請した。これに



図18-8 低価格製品の登場

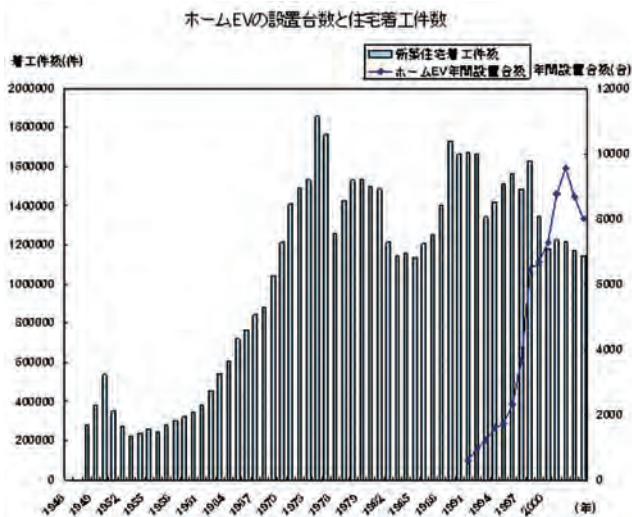


図18-9 ホームエレベーターの設置台数と着工件数

よって300万円前後の低価格品が相次いで登場し、普及するようになった。例えば「日経アーキテクチャ」1994(H06)年05月23日号の広告がある(図18-8)。

また上記の普及の様子は、設置台数のグラフからも読み取ることができる(図18-9)

2-4. その後の動向

その後には、設置スペースは小さくしながら、車椅子の人のためにかご内の空間は大きく取るといった、省スペース化を図った製品も開発されている。例えば、1999(H11)年に発売された『のり愛号スリムモア』日本オーチス・エレベータ(株)/松下電器産業(株)では、6枚両引き戸にすることによって設置スペースを小さくしている(図18-10)。

また、2000(H12)年の建築基準法改正により、ホームエレベーターは特殊な構造または使用形態のエレベーターとして、一般規定化された。それにより、個別認定を取得せずに設置できるようになった。

住宅用エレベーターの大きな問題としては、既存住宅にエレ

ベーターを取り付けたい場合にもそれに対応できない場合が多かったことが挙げられる。その原因としては、経済的な問題やスペースの問題など様々な理由があったと考えられるが、特に建築基準法では、完成検査を受けていない住宅にエレベーターを設置できないことがあった。



図18-10『のり愛号スリムモア』

3: 個々の部品について

3-1. かご全体について

「かご」とは、床・枠を表すエレベーター用語で、人や荷物を載せて上下に昇降させる箱状の搬器のことであり、英語では「CAR」。初期のエレベーターは不燃材だけが使用可能であった。

1987(S62)年に建設省で個人住宅用エレベーター設計指針が制定され、これが本格的な住宅用エレベーター登場のきっかけとなった。この設計指針では、昇降行程や大きさの制限とともに、材料や構造上の制約の緩和もあって、ホームエレベーターでは可燃材の使用も可能となった。また1980(S55)年頃にはトランクルーム付の製品もあり、これを利用して車椅子利用者の足元をトランク部分に入れる設計も可能であった。しかし、バックミラー代わりに取り付けた鏡が自分の顔の正面に来ることが不評であり、後にトランクルーム付の製品は廃止となった。

3-2. 天井について

松下電工(株)のカタログでは、1989(S64/H01)～1994(H06)年には、採光ドームがオプションで付けられる製品があった(図18-11)。また1991(H03)～1993(H05)年頃には、天窓もオプションで設けられるようになっていた。

照明については、1989(S64/H01)～1992(H04)年には標準仕様製品も高級仕様も直接照明であった。標準仕様の製品はその後直接照明(図18-12)であったが、高級仕様の製品は1993(H05)～1999(H11)年には間接照明(図18-13)が主となっている。開発者の話によれば、高級感が求められていた時期であり、こうした照明の変化もそれを意

図したものであろう。2000 (H12) 年からは折上げ天井 (図 18-14) にすることで高級感を感じさせるために、再び直接照明になったと思われる。このように、1990 年代半ばには高級化の傾向が見られる。



図 18-11 採光ドーム



図 18-12 直接照明



図 18-13 間接照明



図 18-14 折上げ天井

3-3. 壁について

松下電工(株)の1989 (S64/H01) ~1994 (H06) 年のカタログには、オプションとして室内窓を付けることが可能な製品があるが、庭の景色が眺められるなど、室内窓が明るく開放的なエレベーターとするためのものであった。

また、当初から高級仕様の製品には腰壁が付けられていた。開発者の話によれば、1997 (H09) 年~1998 (H10) 年には高級感を演出するため全ての製品に腰壁が付けられていた。1999 (H11) 年からは、高級仕様の製品にはそのまま腰壁が付いていたが、標準仕様の製品については、乗場面積が狭くなりコストも上がる等の理由から、再び腰壁が無いタイプに戻っている。

製品の種類数が徐々に増加するに伴って、1993 (H05) 年からは高級仕様の製品には飾り棚が付けられ、1997 (H09) 年には標準仕様の製品にも絵などを飾って空間を華やかに演出するための飾り額縁が設けられるようになった。このように製品の多様化傾向が見られた (図 18-15)。

1990 年代半ばには天井と同様に高級化の傾向が見られるが、その一方で1990 年代後半には低価格化の傾向も見られる。また、住宅用エレベーターは、設備ではあるが、一つの部屋としての意匠性が求められると言う面もあったと思われる。

3-4. 戸について

松下電工(株)の最初の製品では、アルミ製蛇腹の手動扉が

使用されていた (図 18-16)。当時はまだホームエレベーターが普及しておらず、量産されていなかったため、安価な手動扉が使われていた。また、故障時の脱出容易性からは手動の方が良い面もあった。この製品は1992 (H04) 年までは製造されていたが、その後は自動扉が主流になった。また1991 (H03) 年からは、内外連動扉が採用されていた。

カタログからは、自動扉には引き戸が採用されており、片引きと両引きがある事がわかる。さらには扉の枚数によって数種類の機種が用意されているが、メーカー、製品によって様々であることも読み取れる。2000 (H12) 年に発売された『のり愛号スリムモア』(日本オーチス・エレベーター(株)/松下電器産業(株))は、6枚両引き戸を採用し、車椅子も利用できる2人乗りエレベーターでありながら、わずか0.7畳ほどの設置スペースを実現している (図 18-17)。

ホームエレベーターは、非住宅用エレベーターとは異なって殆どの扉に窓が付いている。高級志向の製品にはガラス製のものもあるが、人影がわかる程度の半透明のものが主である。このように、機能優先の傾向や省スペース化の傾向も見られる。

3-5. 床について

床に使用される材料は、メーカーや製品によって様々であった。松下電工(株)の製品では木製化粧ボード等が使われていたが、非住宅用エレベーターとは違って可燃材も使用可能であったと考えられる。なお、時代による変化は特に見られなかったようである。



図 18-15

左から順に、腰壁あり・腰壁なし・飾り棚・飾り額縁



図 18-16 手動扉

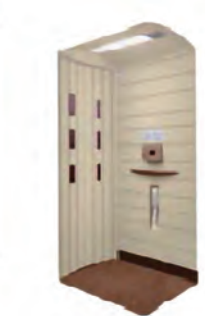


図 18-17 6枚引戸

3-6. 操作盤について

松下電工(株)のカタログによれば、押すと明かりが点灯する「照光型押釦(ボタン)」が採用され、非常用停止スイッチが付けられていた。配置については、当初は側壁面中央の腰高に設置されており、車いす利用者にも操作しやすいように側壁面中央の低い位置であった。飾り柵や飾り額縁に加えて操作盤が組み込まれた製品なども登場した。

1997(H09)年頃には操作のしやすさを考慮して操作盤が上向きに傾けられた製品があったことが松下電工(株)のカタログから分かる(図18-18)。また、押すと釦の周囲が光る『ホームエース上昇気分』(株日立ビルシステム)や、押すと目的階を音声で知らせる釦『NEWゆとりあ』(フジテック(株))なども登場した。このように、使いやすさの機能に配慮する傾向が見られた。



図18-18 上向きに傾けられた操作盤

3-7. 鏡について

車椅子利用者のためのバックミラーは、ホームエレベーターの登場当初から取付けられていた。その後、鏡には標準装備の製品とオプションの製品が登場したことは、松下電工(株)のカタログから分かる。なお、こうした鏡が付いた製品の普及率は、2004(H16)年では2割弱であった。

3-8. 手すりについて

安全のために設ける手すりは、初期にはオプションとして設置されていた。その後1996(H08)年からは標準装備とされた製品も作られるようになり、他社製品も登場している。単純に壁に設置するだけでは、服が引っかかるなど、手すりが邪魔になる問題があったので、バリアフリー



図18-19
『ホームエース
上昇気分』



図18-20
『楽昇家族』(右)

対応も兼ねて工夫された製品が発売された。例えば日立製作所(株)の『ホームエース上昇気分』(1997/H09年)は、手すりを兼ねた台がかごの両サイドに設置された(図18-19)。また、松下電工(株)の『楽昇家族』(1998/H10年発売)では、手すりが壁の中に組み込まれた(図18-20)。

4: 乗り場

4-1. 戸

1989(S64/H01)年に松下電工(株)から発売された『ナイスホームエレベーター』は、取手がついた引き戸の手動扉であった(図18-21)。当時まだホームエレベーターは普及しておらず、量産できなかったため、安く済む手動扉が採用されたと言われる。また、脱出のしやすさからも手動が良いとの意見もあったようである。

手動扉がいつまで採用されていたかについては正確な情報は不明だが、カタログから推測すれば1992(H04)年の製品から扉に取手が無くなったと思われる。

自動扉には基本的に引き戸が採用されており、片引きと両引きがある。ただし、1997(H09)年に発売された『EBINOホームエレベーター』のように、開き戸のものもある(図18-22)。さらに戸の枚数によって数種類の機種が用意されている。



図18-21 1989(H01)年カタログ



図18-22 開き戸

これらの種類はメーカーや製品によって様々なものがある。一例を挙げると、2000(H12)年に発売された『のり愛号スリムモア』(日本オーチス・エレベータ(株)/松下電器産業(株))では、6枚両引き戸が採用されており、設置スペースが省略できたことが宣伝されている(図18-23)。

また、ホームエレベーターは、非住宅用エレベーターとは異なって、殆どの扉に窓がある。高級志向の製品にはガラスのものもあるが、基本的には人影がわかる程度の半透明のものが主流である。

4-2. 乗り場釦(ボタン)

カタログによれば、押すと明かりが点灯する「照光型押釦(ボタン)」が採用されており、運転キースイッチも1箇



図18-23 『のり愛号スリムモア』



図18-26 『楽昇家族』
(1996/H08年)



図18-27 『楽昇家族』
(1998/H10年)

所に備え付けられている。1989 (S64/H01) 年の製品開発当初は、押釦は壁に取り付けられていたが、1995 (H07) 年からは枠に取り付けられるようになった。押釦を枠に取り付けることで現場工事は簡略化され、コストダウンが可能になった。以下に、1990 (H02) 年の製品の図面と1995 (H07) 年のカタログを示す(図18-24、図18-25)。

1989 (S64/H01) 年の製品開発当初は枠の右側に押釦が付けられていたが、2000 (H12) 年からは枠の左側のもも出てきたことがカタログから分かる。また、押釦が右側に付く場合は戸も右開きに対応していた。さらに1997 (H09) 年頃には、操作しやすさを考慮して、操作盤が上向き傾斜とされた。また、押すと釦の周囲が光るもの(『ホームエース上昇気分』(株)日立ビルシステム)や、押すと目的階を音声で知らせる釦(『NEW ゆとりあ』(株)フジテック)なども登場している。

以上のように、使いやすさに配慮した製品開発の傾向があったことがわかる。

4-3. 三方枠

1995 (H07) 年頃から、乗り場釦が枠に取り付けられるようになり、壁への取付けに比べて現場工事が簡略化され、コストダウンになった。また1996 (H08) 年にはテーパーが付いた製品が発売された。制御盤はそれまで昇降路の中に別に設置されていたが、テーパー部分の中に仕込まれるようになった(図18-26)。しかし1998 (H10) 年には、またテーパーが無くなっている(図18-27)。

4-4. 機械類

機械室の位置に関しては、以下の2点が挙げられる。

- 1) 1987 (S62) 年に発売された『WELL』(三菱電機(株))

では、新開発の小形駆動装置が昇降路内下部に設置されたので、機械室は不要であった。

- 2) 1987 (S62) 年に発売された『ラクベーター』(米山工業(株))は、ラックポールに歯車を噛み合わせながら昇降する仕組みのため機械室は不要。また1987 (S62) 年に制定された「個人住宅用エレベーター設計指針」には以下の記載がある。

「(6) 昇降路 (ト) 昇降路内に駆動装置 (制御装置などを含む) を設置することができる。」

昇降路内の駆動装置の設置を許可していることと上記2つの製品例を併せて考えると、住宅用エレベーターは機械類が昇降路内に組み込まれることが多く、その理由としては、北側斜線制限などの高さに関する規制にかからぬようにすることが考えられる。



これらの内容は筆者が大学教授の時代に多くの学生たちが調査して書いた論文をもとに、筆者が再構成したものである。優秀な大学院生諸氏諸嬢のおかげでこうした多くの変遷史シリーズを書き続けることができた。老齢の筆者がいつまで続けられるかは不明だが、こうした著作も教え子諸氏の尽力の成果であることは言う迄もない。

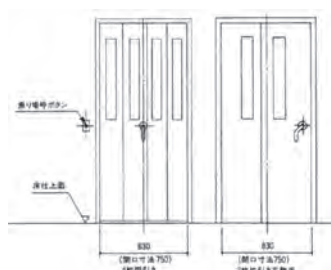


図18-24 『楽昇家族』
(1990/H02年)



図18-25 『楽昇家族』
(1995/H07年)

profile



真鍋恒博

東京理科大学 名誉教授

専門分野：建築構法計画、建築部品・構法の変遷史

著書：「可動建築論」(井上書院)、「図説：近代から現代の金属製建築部品の変遷 - 第1巻・開口部関連部品」(建築技術)、「図解・建築構法計画講義」(彰国社)、「建築ディテール『基本のき』」(彰国社)、「マナへの『標語100』」(彰国社) ほか。

3度目の正直 ～コンクリート診断士の資格取得を通して～

[工事材料試験ユニット 工事材料試験所 横浜試験室 主任 岡田 裕佑]

1. はじめに

はじめに簡単な自己紹介をします。私は入社してから約10年間、中央試験所材料グループに所属し、無機系材料に関する物理的・化学的試験を行っていました。その後、工事材料試験所へ異動し、現在は建設工事に関わるコンクリート系の圧縮強度試験、鉄筋の引張強度試験等を中心にコンクリートコアの圧縮試験、中性化試験、塩化物イオン試験など診断業務に関わる試験を行っています。

コンクリート診断士は3回目の挑戦で取得しました。受験は、2016年7月～2018年7月に挑戦したので記憶が曖昧ですが、興味がある方は最後までご覧ください。

2. コンクリート診断士

2.1 資格について

コンクリート診断士は、(公社)日本コンクリート工学会(JCI)が認定している資格の1つであり、コンクリート構造物の診断における計画～調査・測定～補修・補強対策など一連の業務に携わる技術者の資格となっています。

2.2 受験に至るまでの経緯

入社当時はコンクリートに関する知識が乏しく、試験業務に対して焦りや不安を感じていたため、上司からの勧めで社内勉強会に参加したり、OJTを通したりして知識を蓄え、先にコンクリート技士の資格を取得しました。取得後は、周囲にいる先輩方がコンクリート診断士を取得していたことや当時の業務内容との相関性を考慮し、次の挑戦はコンクリート診断士の取得を目標にしました。

2.3 勉強方法

資格取得に向けた勉強を開始する前に、試験の傾向を把握することをお勧めします。私が受験した当時は現在の試験方法と異なり、試験時間は3.5時間で、四肢択一式問題が40問と、記述式問題を2問解くスタイルでした。私は解説付きの過去問を購入し、自主学習することにしました。

1年目を振り返ると、勉強する範囲が広く、完全に内容を理解しきれない部分もあったと思います。自己採点したところ択一式で点数が取れなかったため、不合格となりました。

2年目は前年度の反省を生かし、択一式の勉強に力を入れました。択一式は問題集を2～3周解き、不正解の問題については繰り返し解説を読み、記述式も重要な部分にマーキングをして試験に臨みました。勉強のおかげもあり択一式は自己採点で一定の点数が取れましたが、記述式の回答が的外れであったためか、2回連続で不合格となりま

した。

3年目は講習会からの参加となるため受験するかどうか悩みましたが、覚悟を決めて受験を決意しました。試験日の1.5か月前に過去問と小論文関連の書籍を新しく購入し、前年度の反省を生かして記述式の対策に力を入れました。始業1h前に出勤し、会社で勉強していた記憶があります。過去の記述式の回答を複写し、良く使用されるフレーズを覚えつつ、そこに到達するまでの考え方を理解することに努めました。

2.4 試験日当日～合格発表

試験日当日は緊張のためほとんど覚えていませんが、ギリギリまで悩み粘って回答したと思います。合格発表については、自宅に届く封筒が前年度より分厚かったところでピンと来て、封を開けてみると合格通知が入っており、大変嬉しかったことを覚えています。

3. おわりに

今振り返ると、2回も不合格となり、結果が出なくて落ち込むこともありましたが、不合格という結果でも勉強した過程は無駄では無く、前年度より知識を蓄積して一歩ずつ成長していたことを感じています。

資格取得後は、得られた知識を業務である試験に活かせるように努めてきました。今後も自己研鑽を続け、第三者試験機関としてより一層社会に貢献出来るよう努力したいと思います。私の報告が、受験を考えている方へ少しでも参考になれば幸いです。



author

岡田 裕佑

工事材料試験ユニット 工事材料試験所 横浜試験室 主任

<従事する業務>

建設工事に関わるコンクリート系の圧縮強度試験、鉄筋の引張強度試験、コンクリートコアの各種試験等

硬化コンクリートの性質

～物性(変形状、体積変化、水密性など)～

1. はじめに

前回は硬化コンクリートの強度性状について紹介しました。今回は硬化コンクリートの物性である変形状、体積変化や水密性などについて紹介します。

2. 硬化コンクリートの物性

2.1 変形状

2.1.1 応力-ひずみ曲線¹⁾²⁾

コンクリートは完全な弾性体ではないため、応力とひずみの関係は応力の小さい段階から曲線(非線形)となります。これはコンクリートが複合体材料で、内部のセメントペーストと骨材の界面に発生する微細ひび割れに起因するとされています。

普通コンクリートでは、最大応力に達するひずみは0.2%前後、破壊時のひずみは0.3～0.4%程度です。圧縮応力-ひずみ曲線の一例を図1に示します。

2.1.2 弾性係数¹⁾²⁾

(1) 弾性係数とは

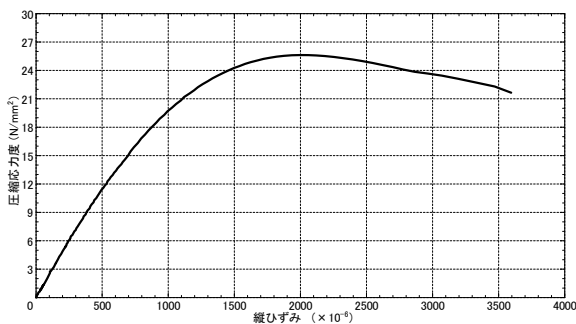


図1 圧縮応力-ひずみ曲線

図1に示した“静的載荷”による応力-ひずみ曲線から求めた弾性係数が“静弾性係数”であることを、前回紹介しました。それに対し、供試体に縦振動またはたわみ振動を与え測定した一次共鳴振動数による弾性係数を“動弾性係数”といい、静弾性係数より10～40%程度大きい値を示します。動弾性係数は非破壊検査として間接的に圧縮強度を推定するほか、凍結融解抵抗性を表す耐久性指数の計算、酸アルカリなどの化学抵抗性、アルカリ骨材反応や火災など劣化状況の判定にも使用されます。

(2) 動弾性係数試験方法

試験方法はJIS A 1127(共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数、動せん断弾性係数及び動ポアソン比試験方法)で規定されており、共鳴振動数測定装置などを用いて行います。試験状況を写真1に示します。

動弾性係数は以下の式で算出され、圧縮強度との関係式もいくつか提案されています。

$$E_D = 4.00 \times 10^{-3} \times \frac{Lmf^2}{A}$$

ここに、

E_D : 動弾性係数(N/mm²)

L : 供試体の長さ(mm)

A : 供試体の断面積(mm²)

m : 供試体の質量(kg)

f : 縦振動の一次共鳴振動数(Hz)

2.1.3 クリープ³⁾

(1) クリープとは

コンクリートのクリープとは、持続して荷重が作用すると、時間の経過とともにひずみが増大する現象です。クリープによって増大したひずみを“クリープひずみ”といいます。コンクリートのクリープは鉄筋コンクリート部材のたわみの増大やプレストレストコンクリート部材のプレストレスの減少などと深く関連しており、後述する“クリープ係数”はコンクリート構造物を合理的に設計するための基礎的資料となります。

(2) 圧縮クリープ試験方法

供試体の作製については、圧縮強度試験と同様で、JIS A 1132(コンクリート強度試験用供試体の作り方)に規定されています。

試験方法は、1975～1976年度に当センターで実施した通商産業省工業技術院委託「構造材料の安全性に関する標準化のための調査研究」や建材試験センター規格JSTM C 7102を経てJIS化されたJIS A 1157(コンクリートの圧縮クリープ試験方法)に規定されています。同方法では、油圧ジャッキやゴム板等から

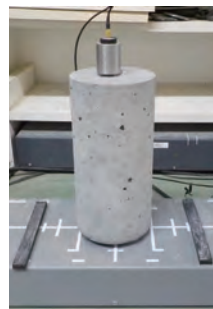


写真1 動弾性係数試験状況

成る試験装置内に、供試体を3段重ねにして設置したのち、圧縮強度の1/3の応力度を載荷します。供試体側面に接着剤で張り付けたゲージラグと、コンタクトゲージという測定器を用いて、ひずみを測定します。試験状況を写真2に示します。



写真2 圧縮クリープ試験状況

(3) 圧縮クリープ試験結果

初期載荷時に弾性ひずみの測定を、また、所定の期間毎に全ひずみ（載荷供試体のひずみ）および無載荷ひずみ（無載荷供試体のひずみ）の測定を行います。その測定値から、クリープひずみ ε_{ct} 、単位クリープひずみ $\mu_{\varepsilon ct}$ およびクリープ係数 ϕ_t を以下の式で算出します。

$$\varepsilon_{ct} = \varepsilon_{at} - \varepsilon_e - \varepsilon_{st}$$

ε_{ct} : クリープひずみ

ε_{at} : 全ひずみ

ε_e : 載荷時弾性ひずみ

ε_{st} : 無載荷ひずみ

$$\mu_{\varepsilon ct} = \frac{\varepsilon_{ct}}{\sigma}$$

$\mu_{\varepsilon ct}$: 単位クリープひずみ (1/Nmm²)

σ : 載荷応力度 (N/mm²)

$$\phi_t = \frac{\varepsilon_{ct}}{\varepsilon_e}$$

ϕ_t : クリープ係数

ひずみと載荷後の経過材齢の関係の一例を図2に、クリープ係数と載荷後の経過材齢の関係の一例を図3に示します。

クリープひずみは次第に一定となり、“終局クリープひずみ”に収束し、終局クリープ係数を算出します。終局クリープ係数の一例として、日本建築学会の「プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説」では、ポストテンションの場合2.0、プレテンションの場合2.5と示されています。

(4) クリープに影響する因子

クリープひずみが大きくなる因子を以下に示します。

- a) 載荷期間中の大気湿度が低く、コンクリートが乾燥しやすい。
- b) 部材寸法が小さく、コンクリートが乾燥しやすい。
- c) セメントペースト量が多い。
- d) 水セメント比が大きい。
- e) 組織が密実でない骨材や、粒度が不適当な骨材の使用で空隙が大きい。
- f) 載荷応力が大きい。
- g) 載荷時材齢が若い。

(5) クリープ破壊とは

クリープは載荷応力にほぼ比例しますが、ある程度以上載荷応力が大きくなると破壊に至ります。これを“クリープ破壊”、また、クリープ破壊の起こる下限の応力を“クリープ限度”と呼びます。クリープ限度は、

コンクリート強度の80～90%程度であると言われています。

2.2 体積変化

コンクリートの体積変化に関する項目を以下に紹介します。体積変化では収縮側が問題になることが多く、収縮には“乾燥による収縮”、“セメントの水和反応による収縮（自己収縮）”、“炭酸化による収縮”などがあります。

2.2.1 乾燥収縮⁴⁾

(1) 乾燥収縮とは

コンクリートは硬化後、構造が安定しても乾燥することによって収縮します。硬化コンクリートが乾燥に伴って長さや体積が減少し、収縮する現象を“乾燥収縮”といいます。乾燥収縮は周囲の拘束によって妨げられると、コンクリートにひび割れが発生します。

コンクリートの長さ変化は乾燥収縮のみを示しているわけではありませんが、乾燥収縮が長さ変化率の値の多くを占めています。

(2) 長さ変化率試験方法

材齢7日まで標準水中養生を行ったのちに、温度20℃、相対湿度60%の恒温環境に供試体を保存して測定を行います。測定方法としては、JIS A 1129（コンクリート及びモルタルの長さ変化測定方法）に、供試体側面の長さ変化を測定するJIS A 1129-1（コンパレータ方法）とJIS A 1129-2（コンタクトゲージ方法）、供試体の平均的な長さ変化を測定するJIS A 1129-3（ダイヤル

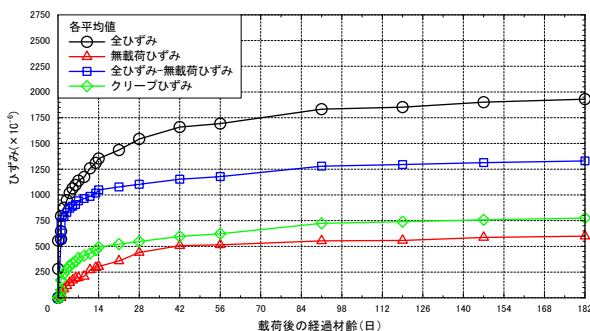


図2 ひずみと載荷後の経過材齢の関係

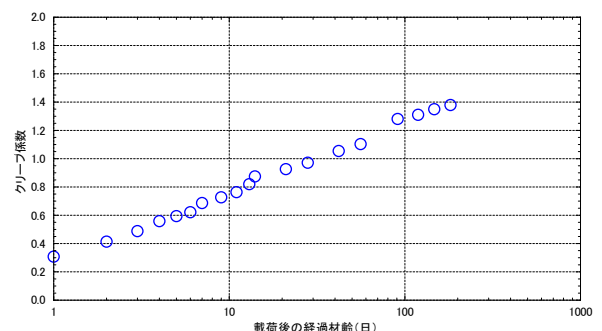


図3 クリープ係数と載荷後の経過材齢の関係

ゲージ方法)、の3つが規定されています。JIS A 1129-2はクリープ試験の写真2で示したのですが、他2方法の試験状況を写真3に示します。

(3) 長さ変化率試験結果

長さ変化率(乾燥収縮率)と質量変化率は密接な関係があるため、同時に測定することが多く、測定値から以下の式で算出します。

$$\text{長さ変化率}(10^{-6}) = \frac{\text{測定時長さ} - \text{基長}}{\text{基長}} \times 10^6$$

$$\text{質量変化率}(\%) = \frac{\text{測定時質量} - \text{基長時質量}}{\text{基長時質量}} \times 100$$

長さ変化率と保存期間の関係の一例を図4に、質量変化率と保存期間の関係の一例を図5に示します。

試験結果の判断基準の一例として、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、計画供用期間が長期および超長期のコンクリートについて、乾燥収縮率を 800×10^{-6} 以下としています。この数値を満足していれば絶対に構造物のひび割れを防げるというものではありませんが、ひび割れ幅0.3mm未満の有害で



写真3 長さ変化率測定状況
(左: コンパレータ方法、
右: ダイヤルゲージ方法)

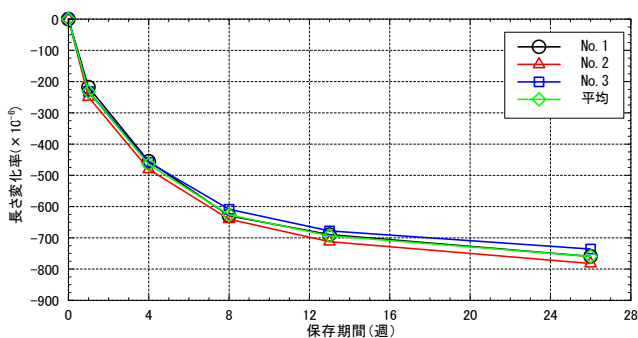


図4 長さ変化率と保存期間の関係

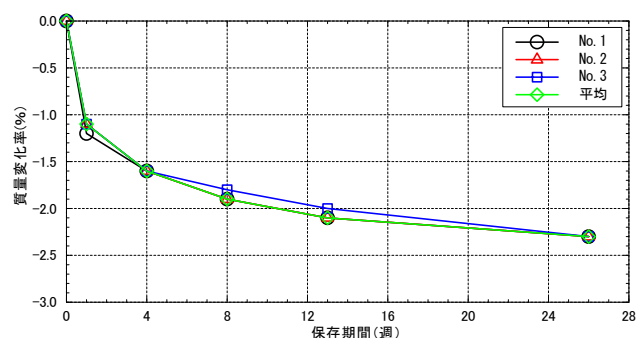


図5 質量変化率と保存期間の関係

ないひび割れには抑えられる目安、という考え方から示されています。

また、乾燥収縮の測定は、6か月以上の長期にわたる測定期間がかかるため、4週、8週、13週の測定値から26週の測定値を予測する推定式もJASS5で提案されています。安全側に評価するために、厳しめの設定になっています。

(4) 乾燥収縮に影響する因子

乾燥収縮に影響を及ぼす因子を以下に示します。

- 吸水によって膨張し、乾燥すれば収縮する。
- 単位セメント量および単位水量が多いほど乾燥収縮が大きくなる傾向があるが、単位水量の影響が著しい。
- 骨材の弾性係数が大きく硬質の場合、乾燥収縮は小さくなる。
- 部材寸法が大きいほど、乾燥収縮は小さい。
- 十分に養生を行ったコンクリートでは、乾燥収縮は乾燥開始時材齢の影響をそれ程受けない。

(5) その他の長さ変化試験方法

自由収縮ひずみを測定する試験方法である(4)に対して、以下のような拘束ひずみを測定する試験もあります。

1) 拘束されたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験

JIS A 1151(拘束されたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法)では、ダンベル型の型枠にコンクリートを打ち込んで作製した供試

体の両端を拘束してひび割れの発生有無を確認します。同時にコンタクトゲージで長さ変化を測定することもあります。

2) 膨張コンクリートの拘束膨張及び収縮試験

膨張材を添加した膨張コンクリートを対象として、JIS A 6202(コンクリート用膨張材)の附属書B)参考)に“膨張コンクリートの拘束膨張及び収縮試験方法”が規定されています。こちらは、拘束棒と拘束端板から成る“拘束器具”にコンクリートを打設し、膨張材による材齢初期の膨張からその後の乾燥収縮までを測定するものです。

2.2.2 自己収縮¹⁾²⁾

(1) 自己収縮とは

セメントの水和により凝結始発以降に生じる体積減少を“自己収縮”といいます。自己収縮には、物質の侵入や逸散、温度変化、外力や外部拘束に起因する体積変化は含まれません。

試験方法は、日本コンクリート工学会標準のJCI-SAS2[コンクリートの自己収縮応力試験方法(案)]などがあり、端部にゲージプラグを埋め込み変位を測定する方法と、モールド型ひずみゲージを埋め込む方法があります。

(2) 自己収縮に影響する因子

自己収縮に影響を及ぼす因子を以下に示します。

- 自己収縮は単位セメント量(単位結合材量)が多いほど大きくなる

ため、高流動コンクリートや高強度コンクリート、マスコンクリートなどでは考慮が必要である。

b) コンクリートの自己収縮に及ぼす配(調)合に関する因子としては、単位セメント(結合材)量、水セメント(結合材)比、鉱物質混和材の種類とその置換率、および化学混和剤の種類と添加率が重要である。

2.2.3 温度変化

(1) 熱膨張率とは

温度の上昇によってコンクリートの長さが膨張する割合を“熱膨張率”といいます。コンクリートの熱膨張率(熱膨張係数)は、常温範囲で1℃につき7~13×10⁻⁶程度と言われていています。鉄筋とコンクリートの熱膨張係数は殆ど同じで、鉄筋コンクリート構造が成り立つための前提の一つとなっています。

熱膨張率試験方法は、JIS A 1325(建築材料の線膨張率測定方法)に定められており、恒温槽内のホルダーにセットした供試体を徐々に加熱して変位を測定し、長さ変化率を算出します。試験状況を写真4に示します。

(2) 熱膨張に影響する因子

熱膨張に影響を及ぼす因子を以下に示します。

- a) 水セメント比、材齢による影響は小さい。
- b) 熱膨張係数は骨材の岩質による相違が大きく、石英岩が大きく、砂岩、花崗岩、玄武岩、石灰岩



写真4 熱膨張率試験状況

の順に小さくなる。

2.3 透水性(水密性)¹⁾²⁾

(1) 透水性とは

透水性とは、内部組織を水が通過しうる性質で、逆に言うと水密性となります。JASS5では、水密性を必要とするコンクリートに対して、注意事項が記載されています。“透水性”を比較するための指標としては、拡散係数や透水係数が用いられます。

(2) 試験方法

透水試験方法の代表的試験として、加圧透水性試験があり、これには次の2つの方法があります。

1) インプット法

インプット法は、供試体に水を圧入し、その浸透面積や浸透深さなどから水の拡散係数を算定して透水性を求める方法(浸透深さ方法)と、浸透水量から透水性を求める試験方法(浸透方法)に分けられます。

試験方法の一例として、土木学会規準JSC-E 572 [けい酸塩系表面含浸材の試験方法(案)]に6.12加圧透水性試験があります。供試体を図6に示すように圧力容器に設置して水を入れたのち、窒素ガスを用いて

水圧0.5MPaを48時間加えます。加圧終了後に供試体を割裂し、図7に示す測定位置でノギス等を用いて“水の浸透深さ”を測定します。試験状況を写真5に示します。

浸透深さ方法による拡散係数は、以下の式で算出します。

$$\beta_i^2 = \frac{\alpha D_m^2}{4t \xi^2}$$

ここに、

β_i^2 : 拡散係数 (cm²/s)

D_m : 水の浸透深さ (cm)

t : 水圧を加えた時間 (s)

α : 水圧を加えた時間に対する係数

ξ : 水圧に対する係数

2) アウトプット法

アウトプット法は、供試体に加えた圧力水による毛細管水隙からの浸透流出量をダルシーの法則から導き透水係数を求める方法です。インプット法と試験方法は似ていますが、供試体に水を透水させるため、試験時間を要します。円柱供試体の場合の透水係数は、以下の式で算出します。

$$K = \frac{\rho h Q}{P A}$$

ここに、

K : 透水係数 (cm/s)

ρ : 水の単位体積質量 (kN/m³)

P : 水圧 (kN/m²)

Q : 流量 (cm³/s)

A : 供試体断面積 (cm²)

h : 供試体高さ (cm)

(3) 水密性に影響する因子

水密性(透水性)には以下の因子が関係すると言われています。

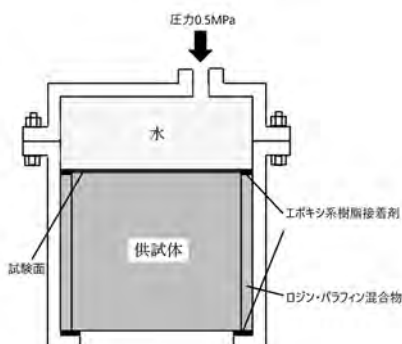


図6 透水性試験供試体の設置状況

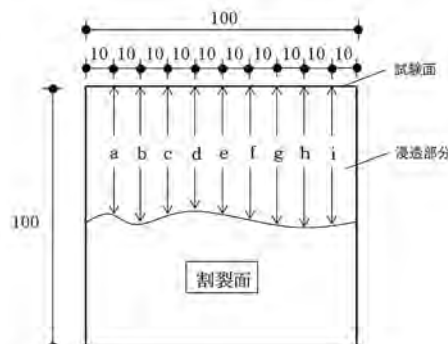


図7 浸透深さ測定位置の一例



写真5 加圧透水性試験状況



写真6 乾燥単位容積質量試験状況

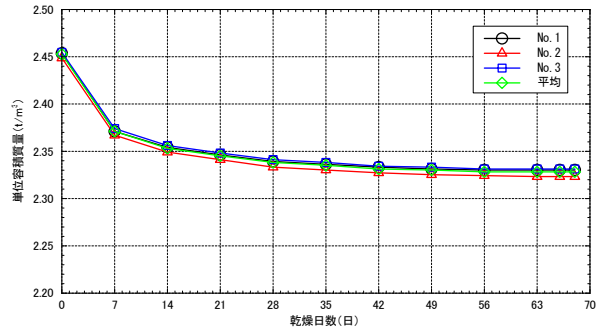


図8 単位容積質量と乾燥期間の関係 (65℃)

- a) 水密性を悪くする最大因子は、材料分離、ひび割れなどの施工欠陥である。
- b) 施工欠陥がない普通コンクリートでは、透水係数を支配する最大の因子は水セメント比 (W/C) である。
- c) W/Cが同一の時は、配 (調) 合が貧より富になるにつれて透水係数が小さくなるが、富になりすぎると逆に大きくなる。
- d) 粗骨材の最大寸法が大きい程にブリーディングによる骨材下面の水膜が大きくなり、透水係数が増大する。
- e) ワークアブルなコンクリートを十分に締め固めるほど、透水係数は小さくなる。
- f) 湿潤養生が十分なほど、また、材齢が進むほど、透水係数は小さくなる。
- g) 乾燥は、透水係数を増大させる。
- h) フライアッシュ等の良質な混和材を適切に用いることは、コンクリートの細孔構造を緻密化し、透水係数を低減させる。

2.4 単位容積質量¹⁾⁵⁾

(1) 単位容積質量とは

単位容積質量とは密度のことで、普通コンクリートの単位容積質量は、気乾状態で2.3t/m³程度です。コンクリートの単位容積質量が問題になることは多くはありませんが、以下のように、重要な指標となるコンクリートもあります。

- a) 重量コンクリート：X線やγ線

を遮蔽するための構造部材には、鉄鉱石などを用いた高密度なコンクリートが求められる。

- b) 軽量骨材コンクリート：自重や耐震性を軽減するために、人工軽量骨材あるいは天然軽量骨材を用いた軽量コンクリートが用いられる。

(2) 試験方法

コンクリートの密度を求める試験方法として、“見掛けの密度試験”が有名です。JIS A 1106 (コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法)に規定されており、供試体寸法と質量 (気乾または表乾) から“見掛けの密度”を求めます。ここでは単位容積質量とは呼ばれていませんが、前述のように密度と同義語です。

ほかに、日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5N「原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事 2013」では、高温にさらされる可能性があるコンクリートを対象に“乾燥単位容積質量試験”が規定されています。同仕様書内には、水中質量を測定したのちに温度65℃で乾燥させるJASS 5N T-601 (コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法)、或いは温度100℃で早期に乾燥させるJASS 5N T-602 (コンクリートの乾燥単位容積質量促進試験方法)が規定されています。どちらも供試体の水分を蒸発させ、単位容積質量が収束するまで質量を測定する試験です。

単位容積質量は以下の式で算出し

ます。

$$\rho_d = \frac{M_1}{(M_2 - M_3) / \rho}$$

ρ_d : 乾燥単位容積質量 (t/m³)

M_1 : 供試体の乾燥状態の質量 (g)

M_2 : 供試体の乾燥前の質量 (g)

M_3 : 供試体の水中の見掛けの質量

ρ : 水の密度 (g/cm³)

試験状況を写真6に、単位容積質量と乾燥期間の関係を図8に示します。

3.おわりに

ここでは紹介できませんでしたが、引張軟化特性、放射線遮蔽性、断熱性、遮音性、耐熱性、耐火性など、この他にも様々な物性があります。

今回は硬化コンクリートの耐久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'21, 2021
- 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) 若林和義：コンクリートの圧縮クリープ試験について, 建材試験情報 vol.51, pp.26-27, 2015.8
- 4) 日本建築学会関東支部：コンクリートの調査と施工, 2015
- 5) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5N「原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事 2013」, 2013

author

若林和義

工事材料試験ユニット
工事材料試験所 浦和試験室 主査

V I S I T O R

各試験所および試験室への施設見学来訪情報

2022年2月～2022年3月の期間に以下の団体・企業及び学校関係者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、見学いただ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。

日本工業大学及び早稲田大学の学生の皆さんの見学の様子は次号(2022年7・8月号)で詳しく紹介します。お楽しみに！

日付	来訪団体企業等	訪問先	目的
2022年2月1日	株式会社ジャスト	工事材料試験所 横浜試験室	耐久性調査の説明と挨拶、室内見学
2022年2月5日	一般財団法人日本建築総合試験所	工事材料試験所 船橋試験室	採取試験技能者認定試験の実技試験の見学 及び情報交換・意見交換
2022年3月15日	日本工業大学 建築学部 建築学科	中央試験所	卒業研究の相談と施設設備見学
2022年3月22日	ドボクラブ (早稲田大学 創造理工学部 社会環境工学科)	中央試験所	ドボクラブの広報活動の一貫として施設設備見学
2022年3月29日	株式会社ピーエス三菱 久留米工場	西日本試験所	材料試験全般の見学

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>

2022年度事業計画

計画の概要

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」という。）が猛威を振るう年であった。

我が国の実質GDPは、2020年は前年比4.8%減、2021年は前年比1.6%増と見込まれ、2021年においても感染症流行前の2019年から見ると3%程度のマイナスとなっている。一方で、三菱総研の経済見通しによれば、2022年度は前年度比2.9%増、2023年度は前年度比1.2%増と予測されている。

また、政府の公表する2022年2月の月例経済報告では、景気の総括判断は「景気は、持ち直しの動きが続いているものの、新型コロナウイルス感染症による厳しい状況が残る中で、一部に弱さがみられる。」とされている。

建設業界については、建設経済研究所等による「建設経済モデルによる建設投資の見通し」(2022年1月)によると、2021年度建設投資は前年度比3.2%増、2022年度建設投資は前年度比0.3%増とされている。

いずれにしても、2022年度については、現下のオミクロン株の感染状況やその後の感染症の影響による面が強いものと思われる。

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みは39.1億円（2020年度決算比1.9億円減、2021年度予算比3.3億円減）、経常損益見込みは5.4億円（2020年度決算比0.4億円減、2021年度予算比1.0億円減）となっている。

2022年度予算については、感染症の動向については不透明ではあるものの、2020年度以降行ってきた、

- ・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年度予算比では減収減益であるものの、2021年度執行見込比では増収増益となる予算を設定している。

また、2021年度に建築した中央試験所新防耐火試験棟については、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す。

業務支援システム等の見直しについては、「IT化、クラウド化からDX化へ」を念頭に、

- ・2022年度から本格稼働する認証ユニット新基幹システム「BAITAL」の認証事業の各段階での全面的な活用
 - ・2023年度本格稼働に向けて開発中の工事材料試験所や性能評価本部の新基幹システムの整備推進と円滑導入のための事前調整
 - ・中央試験所で着手している「点検及び点検記録の電子化システム」「自動データ送信システム」の水平展開と「請求書及び報告書発行のクラウド化」検討
- などを進めるとともに、「品質マネジメントシステム」についての文書・記録類のペーパーレス化及びIT化の一層の推進とセンター全体を対象とした品質管理活動の合理化、品質保証活動の一元化に向けた取り組みを実施する。

また、これらと併せて、希望者に対する週4日勤務（週休3日）や副業許可基準設定による副業対応の明確化等による「働き方改革」を引き続き推進するとともに、2022年4月から段階的に施行される育児・介護休業法の改正に的確に対応し、職員のワーク・ライフ・バランスの充実に支援する。

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）を推進する。

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、より迅速かつ的確な対応が可能となることを目指す。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く。

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いく。

各事業における2022年度の取組みを以下に示す。

1. 総合試験事業

(1) 品質性能試験事業（中央試験所及び西日本試験所）

総合試験ユニットの中央試験所及び西日本試験所（以下「両試験所」という。）においては、建設分野における材料・部材等の品質・性能を証明するための試験事業を、材料・構造・防耐火・環境の各分野において総合的に実施する。

2020年4月に実施した組織再編（総合試験ユニットへの移行）については、両試験所の受託業務の相互融通（振り

分け)、性能評価本部と構造グループによる新規技術評価事業、性能評価本部と各試験グループとの連携強化による迅速な顧客対応や共通顧客に対する営業活動の実践、防火材料試験の一元処理など、業務の集約化、効率化の効果が表れている。

2022年度においては、2021年度に実施した試験報告書及び請求書の電子化及び自動発行を行う試験管理システムの改修の成果を踏まえつつ、請求書及び報告書発行のクラウド化の検討を進める。また、「点検及び点検記録の電子化システム」「自動データ送信システム」の推進とその成果の水平展開を図る。

更に、LAN環境の一層の整備を進め、試験所内の各試験棟でのWeb会議、Web立会及びインターネット利用が可能な環境を構築するとともに、タブレット端末を活用した試験観察時の記録の電子化等を推進する。

施設整備については、中央試験所新防耐火試験棟の耐火試験炉及び多目的試験室の整備を進めるとともに、第三期工事の対象となる材料グループ及び環境グループにおいて、長期的な視野に立って抜本的な業務の見直し(推進する業務、廃止する業務の仕分け等)を行った上で試験棟の詳細及び導入する試験機器等について検討する。

併せて、職員のマルチスキル化とこれを活用した要員補充の充実を進める。

①材料試験分野

試験設備の日常点検、定期点検の記録類の電子化に向けて、システムを構築し運用を開始するとともに、その成果の水平展開を図る。

一方、業務繁忙度のフラット化に向けて、引き続き、業務量の平準化、職員のマルチスキル化を進める。

②構造試験分野

木造軸組の技術評価について性能評価本部と連携して対応する。また、早期の試験実施を要望する依頼者には西日本試験所も選択肢として示し情報を共有しながら連携して対応する。

一方、時期による繁忙の平準化調整の観点から、時期によって料金を変更することの適否についても検討していく。

③防耐火試験分野

新防耐火試験棟の耐火試験炉整備及び多目的試験室新設と並行して、2023年度からスムーズに業務移行ができる体制を整備していく。

また、2021年度から始めた、防火材料及び飛び火についての事業所間の線引きを無くし性能評価業務と試験業務を一体化させた業務形態について、さらに強化していく。

④環境試験分野

動風圧部門に導入した記録・観察用カメラを利用し、web立会や撮影映像の依頼者への提供などを進める。

また、熱部門に導入した自動データ通信システムについてセンター内での水平展開を図る。

(2)性能評価事業(性能評価本部)

総合試験ユニットの性能評価本部においては、建築基準法及び住宅の品質確保の促進等に関する法律などに基づく指定機関並びに登録機関として、引き続き評価・認定等を実施する。また、試験体製作及び管理についても効率的で

確実な業務を行う。

業務の積極的な改善に向けて、「申請先行型」への移行、試験・評価の迅速化、試験体管理業務の適正化、新規適合証明事業(木造軸組、優良断熱材認証事業所審査)への取り組み、防火材料及び飛び火についての性能評価業務と試験業務の一体化、大臣認定に係る事務手数料の徴収、新基幹システムの導入促進等を進めてきている。

2022年度においては、これらを踏まえつつ、ユニット内の更なる連携強化による顧客の確保や新基幹システム開発にともなう業務の見直し、効率化を進める。

また、各職員の業務範囲の拡大(属人化の廃止)と感染症拡大時のBCP対策等を目的として、担当分野を定期的・計画的に入れ替え(輪番制)し、マルチスキルを持った職員の育成に努める。

2. 工事材料試験事業(工事材料試験所)

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

2022年度においては、新基幹システムの2023年度本格稼働を前提に、

- ・受付、入力業務の効率化(電子受付、依頼者による試験体へのバーコード貼付)
- ・入力確認、請求、報告の事務の企画管理課集約(電子情報活用とテレワーク化)
- ・試験業務の効率化と不適合業務縮減(電子情報活用による転記作業縮減)
- ・請求書、報告書の電子発行(システムのクラウド化)
- ・適正な料金設定(全般的な料金見直しと手間に応じた料金設定)

について検討しシステム化していく。

併せて、繁忙に合わせた効率的な業務実施の観点から、試験室間での受託業務の相互融通(振り分け)や要員補充を積極的に活用する。

住宅基礎業務については、業務体制をスリム化するとともに企画管理課に移行し、圧縮試験は各試験室で実施することとする。

また、コンクリート主任技士等の資格取得を促進するとともに、将来を見据え、新たな業務分野や手法を検討する。

3. 認証事業

認証ユニットにおいては、ISO審査本部と製品認証本部のユニット化に併せて、審査員等に関する管理業務を一元化し、共通する事業活動の効果的な運営を行う。

2022年度には、ユニットの統一的な新基幹システム「BAITAL」が本格稼働することから、これを活用した効率的な事業実施を進める。

また、この新基幹システム「BAITAL」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)を進める。

(1)ISO審査事業(ISO審査本部)

JIS Q 17021に基づく信頼性の高いマネジメントシステム認証機関として、品質(ISO9001)、環境(ISO14001)及

び労働安全衛生 (ISO45001) の審査を業務の3本柱とし認証事業を展開する。また、GHG検証業務を行う。

2022年度においては、新基幹システム「BAITAL」の活用により工程の早期確定や事務処理プロセスの改善・合理化により効率的な業務運営を進めるとともに、新料金体系の運用による事務効率化を図る。

また、Web活用による遠隔審査の継続実施により、感染症拡大下でも審査活動を継続できる体制を維持する。

契約審査員の採用や育成を進めるとともに、適切な審査員の選定・派遣や顧客対応のスピードアップによる顧客満足度の向上を図る。

(2) 製品認証事業 (製品認証本部)

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

2022年度においては、新基幹システム「BAITAL」の活用により業務プロセスの標準化や電子化等により業務の効率化を図るとともに、職員審査員の積極的活用を行う。

なお、クリーンウッド法の登録実施機関業務については、新規申請及び更新審査の受付を行わないこととする。

4. 公益目的支出計画実施事業

(1) 調査研究事業

試験事業との連携を図りつつ、社会ニーズが高く、かつ、当センターの業務と密接に関連する分野を中心に調査研究業務を進めるとともに、第三者証明機関としての信頼性と試験・調査研究の実績を生かした技術相談・技術支援業務についても今後とも依頼があれば的確に対応していく。

(2) 標準化事業

当センターの実施する試験事業と関連する分野を中心に、JIS原案及び当センターの自主規格 (JSTM) の作成業務・メンテナンス業務を行う。また、国際標準化の分野で、ISOに関連する国内委員会の事務局業務や関連機関における国際標準化活動への協力を継続する。

(3) 情報提供事業

機関誌「建材試験情報」、ホームページ、SNS、メールニュース等を活用して、試験技術、認証制度等に関する知識・情報の普及を図る。

(4) 技術研修・検定事業

建設工事現場においてフレッシュコンクリートの採取試験を行う技能者を対象として試験を実施し、技能者の認定・登録・更新、事前講習を行う。2022年度においては、検定事業の合理化を図り、試験開催回数、試験料金、試験方法の見直しを行う。

5. その他の事業活動

(1) 品質マネジメントシステムの維持・管理

各事業所において、JIS Q 17025、17021、17065等に基づいた品質マネジメントシステムを維持・向上させるとともに、センター全体を対象に、品質管理活動の合理化、品質保証活動の一元化に向けた取り組みを実施し、信頼性の高い第三者証明機関として顧客の要請に応える。

(2) ナレッジマネジメント活動の推進

2021年度に導入したナレッジマネジメントは、登録件

数も順調に増加しており、組織及び個人が蓄積した知識や経験について、組織内での共有及び有効活用に大きく寄与している。

2022年度も引き続きナレッジマネジメントの活動を積極的に推進する。

(3) 施設・機器等の整備

①施設整備

2021年度に建築した中央試験所新防耐火試験棟については、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す。

業務支援システム等の見直しについては、「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
- ・中央試験所で着手している「点検及び点検記録の電子化システム」「自動データ送信システム」の水平展開と「請求書及び報告書発行のクラウド化」検討

などを進める。

②試験機器等の更新・導入

模型箱試験計測システム、熱伝導率試験装置 (GHP法) (以上中央試験所)、プレハブ式恒温室 (西日本試験所)、3連式自動遠心抽出装置 (工事材料試験所) 等の試験機器等の計画的な更新・導入を行う。

(4) 組織の改正

工事材料試験所の品質管理担当及び住宅基礎担当の業務を企画管理課に移し、品質管理担当及び住宅基礎担当の組織を廃止する。

(5) 職員の教育・研修等

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

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

更に、ユニット、事業所、課室グループを超えた要員補完の円滑化や、大規模災害・感染症時のBCP対策の観点からも、各職員のマルチスキル化を推進する。

一方、業績と能力の双方についての的確な人事考課と本人へのフィードバックと併せて、人事考課結果の昇級や賞与への反映を進め、本人の能力向上へのインセンティブとしていく。

希望者に対する週4日勤務 (週休3日)、副業許可基準設定による副業対応等による「働き方改革」を一層推進し、職員のワーク・ライフ・バランスの充実に支援するとともに、テレワークについては、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) を推進する。

以上

芝浦工業大学 教授 南一誠先生の最終講義『しなやかな建築』が行われました

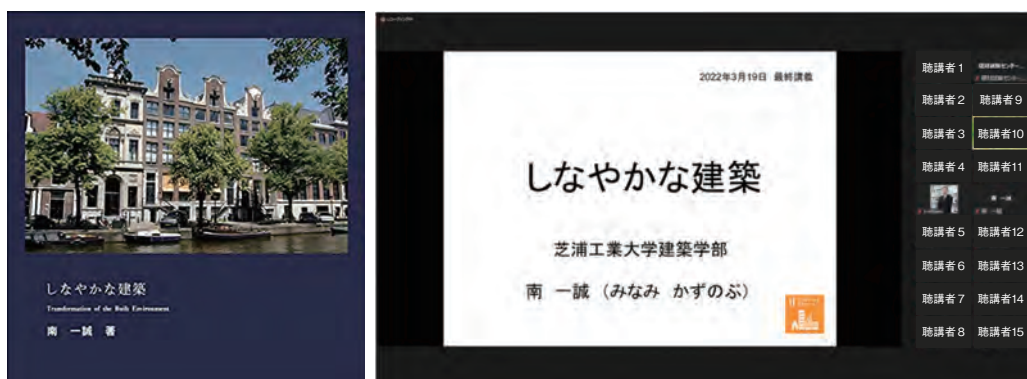
[経営企画部]

本誌2015年5月号から2019年7・8月号にかけて連載いただきました南先生の最後の講義が芝浦工業大学で3月19日に行われました。本誌で連載いただいていた原稿をまとめ出版された『しなやかな建築』が最終講義のタイトルでした。コロナ禍ということもあり、豊洲キャンパスと、オンライン（Zoom）に分かれての参加となりましたが、

南先生のもとで学ばれたたくさんのOB、OGの方が参加されていました。

講義の内容は、次号でご寄稿いただきますので、楽しみに！

※南先生は2022年日本建築学会賞（論文）を受賞されました。



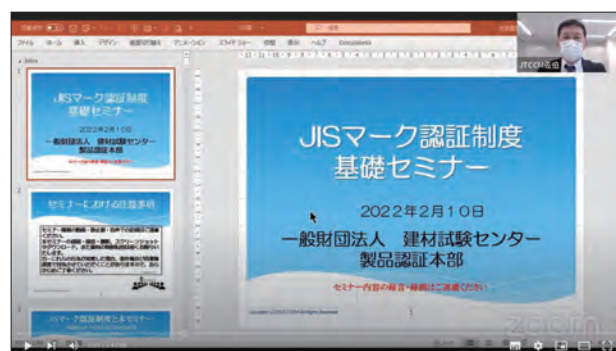
JIS認証制度基礎セミナーを開催

[製品認証本部]

2022年2月10日（木）に、JIS認証制度基礎セミナーを開催しました。本年度もコロナ禍のため、オンラインのウェビナーでの開催となりました。このセミナーは、JIS認証の新規取得を検討されている、またはJIS認証制度にご興味のある事業者を対象として開催しております。近年では「品質管理の初期研修」や「新人研修の一環」としての参加も増え、その目的はより多角化しております。

当日は製品認証本部 JIS認証課の佐伯課長よりJIS認証制度の基礎である産業標準化法と品質管理の解説および新規認証の手続きについて説明を行いました。製品認証本部は引き続き皆様のご意見・ご要望を踏まえ、本セミナーのさらなる充実を図って参りますので、ご活用いただけると幸いです。

製品認証本部では今回ご紹介したセミナー以外にもJIS認証制度セミナーをオンラインでのウェビナーによる開催を計画しております。こちらもご参加下さいますようお願いいたします。



JIS認証制度基礎セミナーの様子

【お問い合わせ先】

製品認証本部

TEL : 03-3808-1124 FAX : 03-3808-1128

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
TC0321006	2022/2/7	JIS A 5371, JIS A 5372	プレキャスト無筋コンクリート 製品 プレキャスト鉄筋コンクリート 製品	有限会社佐藤コンクリート 工業	埼玉県入間市木蓮寺 557
TC0421003	2022/2/7	JIS A 5372	プレキャスト鉄筋コンクリート 製品	共和コンクリート工業株式 会社 大安工場	三重県いなべ市大安町大井田字大辻 2160-12
TCCN21068	2022/2/14	JIS A 5508	くぎ	天津金利華源釘業有限公司	中国天津市静海区唐官屯鎮大郝莊村
TC0321007	2022/3/1	JIS A 5308	レディーミクストコンクリート	株式会社ヤマセ建材	千葉県千葉市緑区誉田町 2-2306-12
TC0121001	2022/3/7	JIS A 9521	建築用断熱材	北菱イーピーエス株式会社	北海道石狩市新港中央 2 丁目 756 番地 13

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

建築基準法に基づく構造方法等の性能評価

性能評価本部では、2021年10月～2022年3月の期間において、下記のとおり建築基準法に基づく構造方法等の性能評価書を発行しました。
※暫定集計件数

性能評価完了状況（2021年10月～2022年3月）

分類	件数
防耐火関係規定（防耐火構造、防火設備、区画貫通部措置工法、屋根飛び火、防火材料等）	302
その他規定（耐力壁の壁倍率、界壁の遮音構造、ホルムアルデヒド発散建築材料、指定建築材料）	7

Editor's notes

—編集後記—

先日、東京では桜の開花が宣言されました「願わくは花の下にて春死なん・・・」(西行)、時が来れば咲き、時が来れば散る。自然のリズムは力強く息づいています。この文章が皆様のお目にかかるのは初夏の頃かと思いますが、花の下で集える日が1日も早く来ることを願っています。

新型コロナ下で迎える春も三度目です。私が所属する認証ユニットでは、出勤と在宅によるリモート勤務を組み合わせた“ハイブリッド勤務”にも馴染み、出張も減り、集合形式の打合せも“リモート会議”で事が足り、講習会ですら“Zoom開催”“YouTube開催”が増えました。長距離移動による拘束とアフターファイブのちょっと一杯からの解放?も加わり、運動不足とマスク生活の長期化による会話の減少からか? 語彙力の低下が気になるこの頃ですが、数年前から取り組んでいた部内のペーパーレス化と内部決裁のシステム化によって、これまではセキュリティ面で取り組めなかった外部からの接続が、最新の技術(と少しの勇気?)で可能となり、生産性を犠牲にすることなく業務を推進することが出来ています。つまり、いつの間にか技術革新によって業務形態が進化していたことに気が付きました。思えば四半世紀前にもウインドウズ95とインターネットの

出現によってPC文化が普及し、業務ツールがドクターからCADに変わったように、あれから四半世紀を経て再び大きな変革点を跨いだのではないのでしょうか、かつては“手書き脳”によって、鉛筆を持たないと思考回路が働かなかった世代も、いつの間にか“デジタル脳”に進化(言い過ぎかも?)したように、紙の文化からモニターの文化に大きな変化を遂げました。昨年から今年にかけて開催された、夏のオリンピック(東京2020)と冬のオリンピック(北京2022)も無観客で開催されモニター観戦となりました。その平和の祭典の裏ではロシアがウクライナに侵攻するという21世紀とは思えない暴挙が起きた春。世界は相変わらず泥臭く動いていることを思い知りました。

編集委員に就任して1年が経ち、皆で誌面を作ることの楽しさや苦勞が少しは判ってきたような感じですが、多くの方に支えられて誌面が完成する。その舞台裏に参加できて本当に良かったと思います。安心できない世の中ではありますが、これからも建設資材や組織の評価を通じて、安心・安全を評価検証し続けてゆきたいと思いますので、引き続きご愛読の程、よろしくお願い致します。

(丸山)

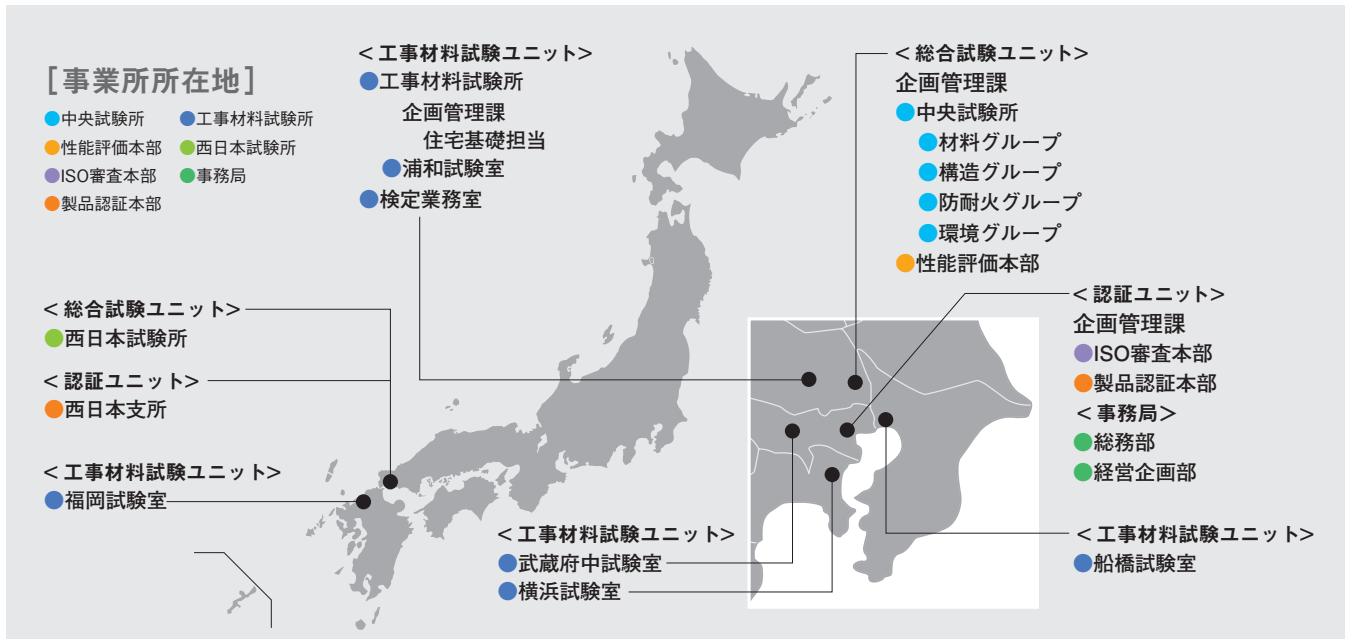
建材試験情報編集委員会

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) 緑川 信(経営企画部 企画調査課 課長) 志村重顕(経営企画部 経営戦略課 主査) 数納宣吾(経営企画部 企画調査課・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 5・6月号

発行所	2022年5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

< 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

