

BCJ 技研レポート Vol.7 2025.4.

第7号：アニュアル・レポート 2025

一般財団法人日本建築センターの建築技術研究所は1982年に設立され、一時活動を休止していましたが、2018年に再開され、この6月で、再開後7年となります。

昨年度は次の4つの課題に取り組んでまいりました。一つ目は「既存建築物のリノベーション等の円滑化に資する取り組み」であり、主として自治体等と連携し、耐用年数評価などに取り組んでおります。二つ目は「BIMを活用した建築確認の課題検討」であり、日本建築センターの本体業務とも深くかかわるものです。三つめは「ゼロカーボンビルに係る認証等への対応」であり、現在建築界が置かれている喫緊の課題への新たな取り組みなどを検討しております。これらは、内容の多少の変化はありますが、建築技術研究所の再開当初から掲げられてきたテーマです。それらに加えて、「中・高層及び大規模木質系建築物の評価・評定に対応する課題」が加えられております。欧州を中心に、大規模木質系建築物の建設拡大は目覚ましく、日本でもその動きは加速するでしょうから、必要不可欠の課題であると考えております。建築技術研究所の活動に、これまで以上のご支援をお願いいたします。

2025年4月

一般財団法人 日本建築センター
建築技術研究所 所長 深尾 精一
(首都大学東京名誉教授)

目次

I. 建築技術研究所 2024 年度の成果報告

- | | |
|-------------------------------|----|
| 1. 既存建築物のリノベーション等の円滑化に資する取り組み | p2 |
| 2. BIM を活用した建築確認 | p4 |
| 3. ゼロカーボンビルに係る認証等への対応 | p5 |
| 4. 中・高層木質系建築物の評定・評価に対応する課題 | p6 |

II. BCJ 研究支援(2024 年度)による成果報告

- | | | |
|--------------------------------|---|-----|
| 1. 耐震性能評価法のあり方に関する調査と展開 | 東京大学大学院准教授 田尻 清太郎 | p7 |
| 2. 実構造物のひずみ計測による荷重効果の実態把握 | 横浜国立大学大学院教授 松本 由香 | p9 |
| 3. 集合住宅の音環境設計における性能水準設定の実態把握 | 東京大学大学院教授 佐久間 哲哉 | p11 |
| 4. 近年のドイツにおける木質系オフサイトコンストラクション | 東京大学大学院准教授 権藤 智之、国立研究開発法人建築研究所 渡邊 史郎、(同) 田村 篤 | p13 |

III. 建築技術研究所のご案内

p15

I. 建築技術研究所 2024 年度の成果報告
 1. 既存建築物のリノベーション等の円滑化に資する取り組み

■調査研究の概要

築数十年という法定耐用年数が社会通念化し、既存建築物の大幅な長寿命化に対し抑制的に働いていると考えられる。

これを踏まえ、2019 年に科学的アプローチによる既存鉄筋コンクリート造建築物の構造体の耐用年数評価方法を策定し、これまで 281 棟の既存建築物に対し評価を実施した。その実績をもとに、結果の分析や評価法の改善に取り組んでいる。

■2024 年度の成果概要

(1) 構造躯体であるコンクリートと仕上げ材であるモルタル等の中性化に対する抵抗性(=中性化速度係数)を一体的に設定することにより、中性化が鉄筋に到達する期間を推計する方法を確立し、特許を出願し 2024 年 12 月に特許登録された。

(2) モルタル仕上げの鉄筋コンクリート造における中性化進行状況とモルタル厚さの相関性が高いケースでのコンクリートの中性化進行の予測方法を、解析的に導いて確立した。この成果を、日本建築学会の構造系論文集及び 2025 年度大会(九州)学術講演梗概集に投稿した。

(3) 中性化影響因子を探るため、以下の事象について、採取体の組成レベルでの調査を専門機関に依頼し検証した。
 1) モルタル厚さと中性化深さの相関性が低いケースにおけるモルタルの品質
 2) 高強度でありながら中性化が大きく進行しているコンクリートの品質
 3) 壁体から採取した貫通コアのほぼ全面で中性化しているコンクリートの品質

(4) 施設マネジメントへの活用

埼玉県坂戸市が市内小中学校 15 校の耐用年数評価を実施し、その結果を踏まえ 2024 年 7 月に学校施設長寿命化計画の改訂版^{1*2}が公表された。主な改訂点は、

- ・ 目標使用年数を調査時点から 100 年超とし、上限を定めない
- ・ 日常点検・補修、定期点検・修繕を中心に予防保全に積極的に取り組み、可能な限り長寿命化させる

これにより、維持保全コストが財政制約に見合うレベルに近づいた。この取り組みにより埼玉県坂戸市は「第 19 回日本ファシリティマネジメント大賞 (JFMA 賞) 奨励賞」を受賞し、当財団もサービス提供者として同賞を受賞した。



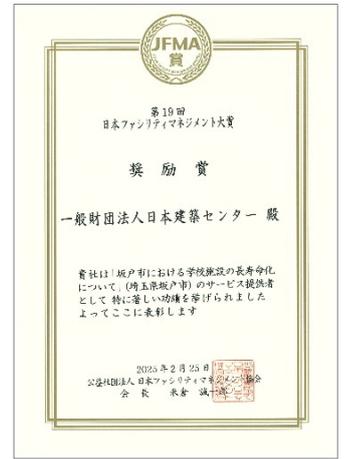
[受賞概要](#)



[受賞資料](#)

■今後の予定

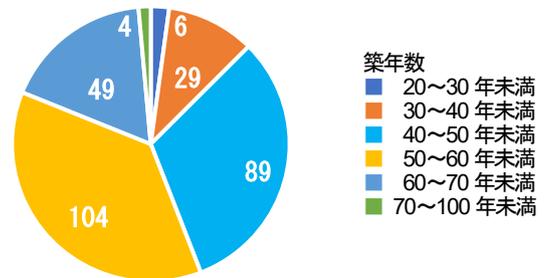
2025 年度も引き続き評価実績を積み上げ、データの分析、評価精度の向上、評価結果の公表等に取り組む。



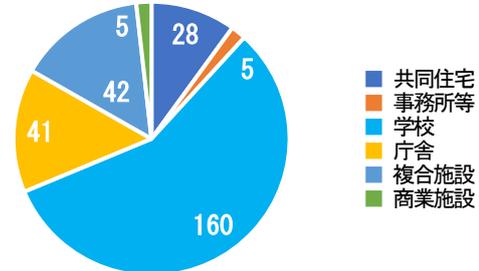
【参考】耐用年数評価結果の概要

評価対象は、2019 年 5 月から 2025 年 3 月末に評価完了した 281 棟である。以下にその結果の概要を示す。

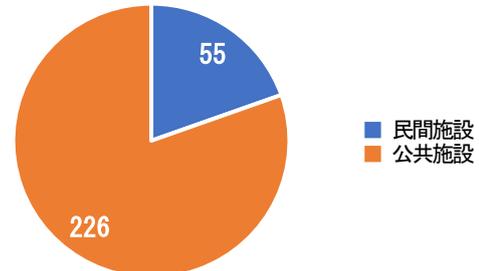
① 築年数の分布 (平均築年数 50.5 年) (単位: 棟)



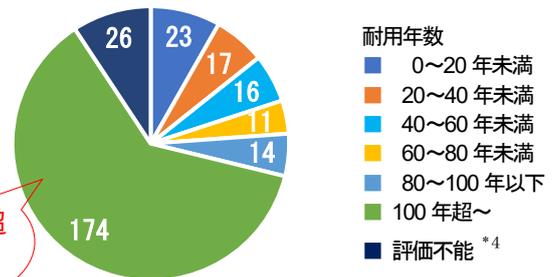
② 用途の分布 (単位: 棟)



③ 公共・民間の別 (単位: 棟)



④ 耐用年数^{*3}の分布 (単位: 棟)

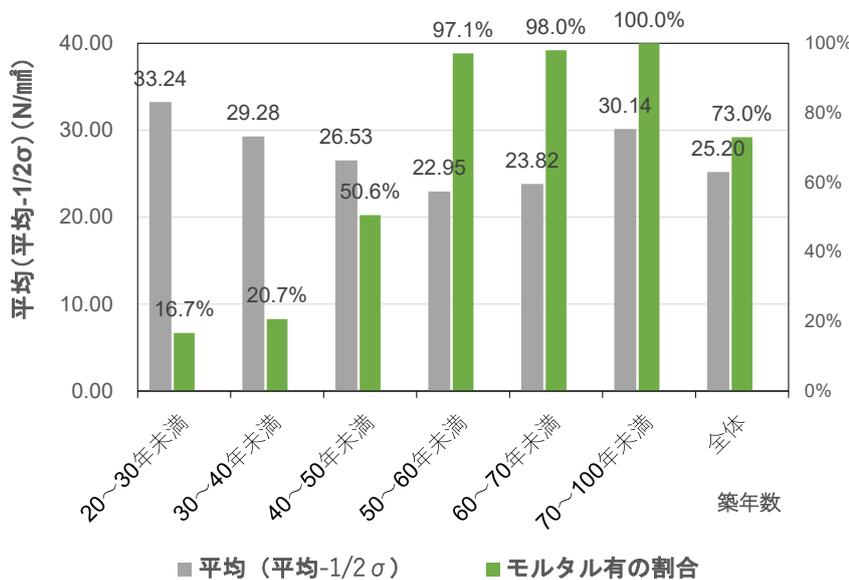


100 年超
61.9%

⑤ 築年数別の耐用年数*3の分布



⑥ 棟ごとの圧縮強度の平均値(-0.5σ)と築年数との関係



- *1 埼玉県坂戸市ホームページ、<https://www.city.sakado.lg.jp/soshiki/45/46208.html>
- *2 坂戸市学校施設長寿命化計画 第1回改訂、p.14-16、<https://www.city.sakado.lg.jp/uploaded/attachment/28043.pdf>
- *3 評価した耐用年数は、調査時点から起算した耐用年数であり、新築時から起算したものではない
- *4 「評価不能」とは、中性化がすでに外壁屋外側の最外側鉄筋に達しており、耐用年数 (= 中性化到達年数) の計算ができない状態等

耐用年数評価業務のご案内



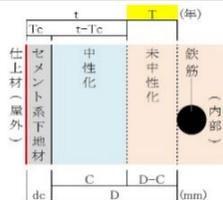
鉄筋コンクリート造建築物の耐用年数評価とは

○鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の構造体の最外側鉄筋のほとんどにコンクリートの中性化が達しない期間(年数)を、適切な位置で採取されたコンクリートの調査結果に基づき、耐用年数として評価します。評価にあたっては、耐用年数評価委員会(委員長：宇都宮大学名誉教授 柗田佳寛)に調査内容と評価結果を確認の上、評価書を発行します。

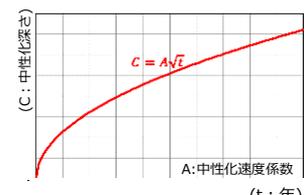
| | |
|--------|---|
| 現況評価 | 現況調査に基づき、今後も通常の修繕を前提に使用する場合における構造体の耐用年数 |
| 改修計画評価 | 現況評価に加え、劣化抑制に効果的な改修及び維持管理の実施を前提とした耐用年数延長効果を反映した構造体の耐用年数 |



コア供試体の中性化試験



中性化進行の断面図



中性化進行 (中性化深さ-年数)

- 耐用年数評価の対象部位は、原則として、建築基準法施行令第79条で鉄筋に対するコンクリートのかぶり厚さ30mmと規定される耐力壁・柱・はりの屋外側とします。
- 屋内側については、含水率やはつり調査等により、中性化が鉄筋まで進行しても腐食が進みにくい環境にあることを確認します。

I. 建築技術研究所 2024 年度の成果報告

2. BIM を活用した建築確認

■調査研究の概要

BIM (Building Information Modeling) は、コンピュータ上に作成した3次元形状情報に加え、総合的な建物情報モデルを構築するシステムであり、建築分野の各プロセスにおいて広く活用されるようになってきている。2026年春にBIM図面審査、2029年春にBIMデータ審査の開始が予定されている。

建築確認におけるBIM活用推進協議会* (以下、協議会) では、2019年度より、建築確認におけるBIM活用推進に向けた活動を行っている。なお、協議会は、国土交通省「建築BIM推進会議」の部会3「BIMを活用した建築確認検査の実施検討部会」に位置づけられている。以下に、2024年度の協議会での成果概要を示す。

*会長：松村秀一 (神戸芸術工科大学学長)、事務局：日本建築行政会議 指定機関委員会 (日本ERI(株)と(一財)日本建築センターが共同で実施)

■2024年度の成果概要

(1) 「BIM 図面審査」における手続・審査方法の整理、環境整備

1) 「BIM 図面審査」に係るガイドライン (案) の検討

2023年度までの検討成果をもとに素案を作成、意見照会を経てガイドライン(案)のとりまとめを行った。

2) 「BIM 図面審査」申請審査者用マニュアル素案の検討 (申請手続き・審査方法等)

ガイドラインの補足・解説を目的とし、申請・審査の手順等を示したマニュアル(素案)をとりまとめた。

3) 「BIM 図面審査」申請審査者用マニュアル素案の検討 (申請手続き・審査方法等)

BIMデータの作成基準を示す「入出力基準(案)」、設計者が入出力基準に従ってBIMデータ作成等を行ったことを申告する「申告書(案)」、確認申請図書の作成や審査の効率化・合理化のため申請者・審査者に標準的な確認申請図書の表現を例示する「確認申請図書表現標準(素案)」を検討した。

4) 「入出力基準(案)」「申告書(案)」に対する意見の回答の検討

全参加団体に「入出力基準(案)」「申告書(案)」素案の意見照会を実施した。また、チェックリストに基づいたサンプルモデルによる審査試行を実施し、その効果を取りまとめた。意匠では審査時間として4時間程度が見込まれたが、整合性確認の省略によって28~89分が短縮されたとの結果が得られた。さらに、確認申請図書表現標準を検討し、BIM由来のPDF図書作成推奨案を検討した。

(2) 「BIM データ審査」の基礎的要件の検討、課題整理

1) BIM データ審査の定義の検討

「これまでの審査の定義や在り方から、BIMモデルに含まれるオブジェクトベースの建築情報の形状情報や属性情報を取り出して見ることや審査補助機能を活用するもので、BIMモデルから出力されたIFCデータ等を確認申請図書の一部として、確認申請用CDEに提出し、申請・審査を行うもの」とした。

2) BIM データ審査の構成の検討

BIMデータ審査を審査手法に応じてビュー審査とデジタル審査の2つに分類し、段階的に実装していくこととした。

3) 必要な情報・取扱条件 (素案) の検討

確認申請用CDE環境の利用を前提としたフロー案を整理した。

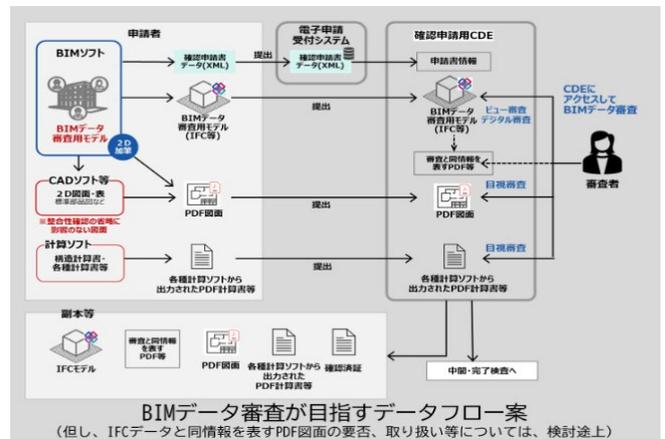


図1 BIMデータ審査を目指すデータフロー案

(3) 国土交通省建築BIM推進会議及び各部会との連携した取組み、BIM活用に係る課題検討等

部会3として、国土交通省建築BIM推進会議のロードマップに基づいたタスクの実施を、各部会と連携して行った。

(4) BIM講習会支援を通じ協議会成果の普及を推進

建築確認におけるBIM知識の普及を目指して日本建築行政会議が実施する正会員(451特定行政庁、144指定確認検査機関)向けのBIM操作講習会(全国8箇所、計10回を参加費無料で実施)を支援した。

(5) (1)~(4)の成果を踏まえた報告書の作成・公開

検討成果は報告書にとりまとめ、協議会WEBサイトへ掲載・公開する予定である。

【協議会WEBサイト：<https://www.kakunin-bim.org>】

■今後の予定

協議会は、建築BIM推進会議での部会3としての部会間連携を図ると共に、国土交通省の検討の方向性を踏まえ2024年度の検討を継続し、2025年度も建築確認におけるBIMの活用推進へ向けて一層の検討を行う予定である。

I. 建築技術研究所 2024 年度の成果報告
3. ゼロカーボンビルに係る認証等への対応

■調査研究の概要

令和6年度より、(一財)住宅・建築SDGs推進センター(以下、IBECsという)及び(一社)日本サステナブル建築協会(以下、JSBCという)が開催する「ゼロカーボンビル(LCCO₂ネットゼロ)推進会議」のSWGや関連セミナー等へ参加し情報収集を行うとともに、EPD(Environmental Product Declaration、環境製品宣言)検証等の実施に向けた準備を行った。

■検討状況

(1)国内の進捗状況(概要)

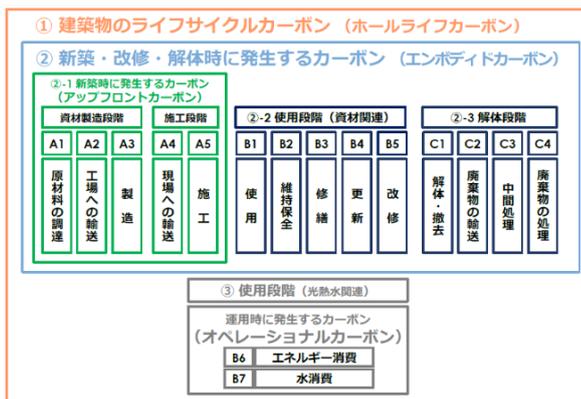
2022年12月 ゼロカーボンビル(LCCO₂ネットゼロ)推進会議設置(IBECs)

当財団は図1のホールライフカーボン基本問題検討WG及びデータベース検討SWG②に参加



図1 ゼロカーボンビル推進会議の検討体制

出典: IBECs ホームページ



WBCSD, Net-zero buildings: Where do we stand?
Figure 7: Whole life cycle stages, EN15978 (2011)日本語訳(業案)

図2 ライフサイクルカーボンの枠組

出典: 令和6年度ゼロカーボンビル(LCCO₂ネットゼロ)推進会議報告書(IBECs、JSBC)

2024年5月 建築物ホールライフカーボン算定ツール(J-CAT/ Japan Carbon Assessment Tool for Building Lifecycle: ジェイキャット) 試行版の公開(IBECs)



住宅・建築SDGs フォーラム 第24回シンポジウム

J-CAT: 建築物ホールライフカーボン算定ツール(2024.5 試行版)
2024年6月 EPD 検証機関向け説明会の開催((一社) サステナブル経営推進機構: 以下、SuMPO という。)

SuMPO が行う EPD 検証機関登録制度について登録に必要な要件が示された。

2024年8月 令和7年度予算概算要求: 建築GX・DX推進事業(新規)

国土交通省住宅局の令和7年度予算概算要求概要では、建築GX・DX推進事業(新規)として、BIMモデルを作成しLCA算定を行う場合等における、LCA算定及びBIMモデル作成費用への支援等、建築BIMの普及拡大及びLCAの実施を総合的に支援する事業を創設としている。

2024年10月 建材EPD検討会議の開催((一社) 日本建材・住宅設備産業協会)

PCR策定やEPD等の整備を推進するために学識経験者、建材・設備関係工業会(17団体)・企業(8社)による会議が設置、開催された。

2024年10月 建築物ホールライフカーボン算定ツールJ-CAT 正式版の公開

2024年11月 建築物のライフサイクルカーボン削減に関する関係省庁連絡会議(第1回)の開催

建築物のLCAに係る関係省庁の取組状況の報告、建築物のLCAの実施によるCO₂排出削減施策の進め方・今後の検討事項(案)の提案が行われた。

2025年1月 EPD 検証人材育成研修(SuMPO)の開始

(2)EPD 検証等の実施に向けた準備

2024年6月27日にEPD 検証機関向け説明会(主催 SuMPO)がオンラインで開催され、EPD 検証機関として登録に必要な要件が示された。当財団は登録に必要な書類、規定類を調べ準備している。

また、2025年1月よりEPD 検証育成研修が開始され、EPD 検証機関として必要な資格者を確保するために当財団職員も受講した。

■今後の予定

EPD 評価業務については、EPD 検証機関として登録、業務開始を目指している。実務としての評価業務に移行していく予定である。

I. 建築技術研究所 2024 年度の成果報告

4. 中・高層及び大規模木質系建築物の
評定・評価に対応する課題

■調査研究の概要

昨年度は、建築技術研究所の 2023 年度の事業計画として新たに掲げた「中・高層木質系建築物の評価・評定に対応する課題」について、中・高層木質系建築物での木材の利用拡大の動向を踏まえ、構造及び防火・防災性能の評価並びに評定にあたっての課題整理と課題解決を取りまとめた。

今年度は、大規模木質系建築物を加え、「中・高層及び大規模木質系建築物の評価・評定に対応する課題」として、昨年度に引き続き、情報収集と課題等の整理をした。

■2024 年度の成果概要

(1)検討事項

中・高層及び大規模木質系建築物における評価・評定業務の現状と課題を把握するため、構造、防火、耐久性それぞれの観点から、次の内容で調査及び情報収集を行った。

- 1) 防耐火の観点における法的整理
- 2) BCJ への申請状況
- 3) 木造建築物の耐久性に係る評価

案件については、BCJ の評定・評価について、BCJ 担当者、中・高層及び大規模木質系建築物に特有の問題点、今後必要な検討内容等に対するヒアリングを行った。

(2)成果の概要

1) 防耐火の観点における法的整理

中・高層及び大規模木質系建築物の防耐火基準について、主に令和 6 年 4 月 1 日施行の中大規模木造を促進する防火規定の合理化に関する改正法を中心に、法的整理等を行った。

2) BCJ への申請状況

BCJ への申請状況（件数、申請内容、申請者など）について、関係部署へヒアリング等をし、取りまとめた。

評価案件は、超高層建築物、免震建築物等により時刻歴応答解析を用いている。評定案件については、それぞれに案件特有の課題があるものがほとんどであった。

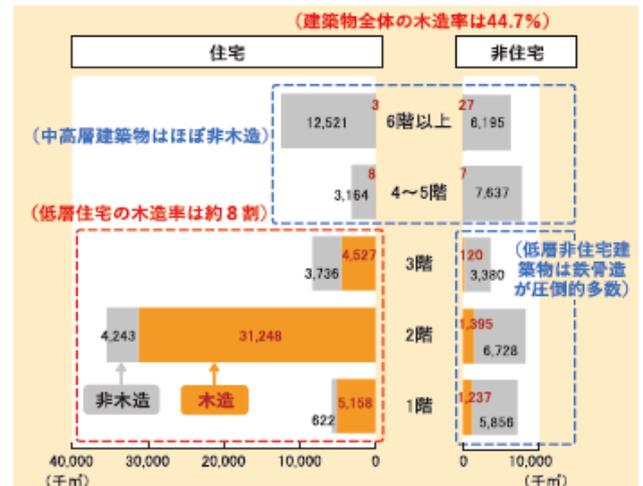
3) 木造建築物の耐久性に係る評価

- ・企業会計、資金調達等における適切な償却期間の評価又は建築事業者・建築主への耐久性に係る適切な説明のために必要とされている木造建築物（非住宅）の耐久性に係る評価について、国土交通省が公表したガイドライン等に関する情報等を収集した。
- ・令和 6 年 12 月ガイドライン公表

- ・令和 7 年 4 月以降、評価開始（ガイドラインに基づく評価を実施する登録住宅性能評価機関）
- ・住宅の品確法の告示（評価方法基準：劣化対策等級 2）を基に非住宅建築物用にアレンジ
- ・評価対象：新築の木造の非住宅建築物
- ・評価の考え方：
 - ① 構造躯体へ内部への雨水の侵入防止（カーテンウォール構法など）
 - ② 雨水の侵入があった場合の速やかな排出（通気構造）
 - ③ 雨水が侵入し滞留した場合の構造躯体への防霉・防蟻処理（薬剤処理）

(3)まとめ

- ・令和 6 年 4 月 1 日施行の建築基準法の改正により、中大規模木造を促進する防火規定の合理化がされた。
- ・非住宅建築物の耐久性についてはガイドラインが公表されるなど、建築基準法以外で木造建築物を評価する制度ができた。また、中大規模木造建築ポータルサイトなどでは構法の解説集や設計例等の情報公開がされ、木造化への支援がされている。
- ・統計によると、4 階建て以上の中高層建築物の木造率は 1% 以下（下図参照）となっている。これまでは、中高層建築物については、ゼネコン等が独自の技術で自社ビル等を試行的に建築する事例がほとんどであったが、今後は構法の一般化などでより使いやすいものになると木造化が進むと考えられる。



注：「住宅」とは、居住専用住宅、居住専用併用住宅、居住産業併用建築物の合計であり、「非住宅」とはこれら以外をまとめたものとした。

資料：国土交通省「建築着工統計調査」（2023 年）に基づいて林業庁木材産業課作成

図 用途別・階層別・構造別の着工建築物の床面積

■今後の予定

2025 年度も、中・高層及び大規模木質系建築物に関する情報収集や評価・評定に対応する課題等の整理を、継続して行う予定である。

II. BCJ 研究支援（2024 年度）による成果報告

1. 耐震性能評価法のあり方に関する調査と展開

東京大学大学院准教授 田尻清太郎

■調査研究の概要

日本では稀、極稀に起こる地震に対して、損傷、倒壊防止を目指した耐震設計が規定されているが、これに則って設計された建物の実際の耐震性能は定量的に評価、明示されておらず、構造種別や構法によっても性能は異なる。このような状況において、既存の構造システムの建物と同等の耐震性能を保証する新しい構造システムの建物の耐震設計法を開発することは難しい。

例えば、米国では FEMA P-695¹⁾ や FEMA P-795²⁾ にて、耐震設計法の定量的評価法が開発され、既存の耐震設計法による建物の耐震性能を定量的に評価できるだけでなく、新しい構造システムの耐震設計法にも適用できる。これによれば、新構法の設計法の開発、評価の場面で、個人の判断に依拠しない公平性を担保することが可能である。

ここでは、米国のこれらの取り組みについて調査を行い、日本への応用について可能性を探る。今年度は米国の手法の詳細を把握し、実設計への活用状況について調査を行う。また、その結果を踏まえて、本評価法を日本に展開する場合の課題や実現可能性について検討する。以下、今年度の調査結果について概説する。

■米国の耐震基準

米国では州ごとに建築基準を定めており、そのベースとして International Code Council (ICC) の International Building Code (IBC)³⁾ が主に用いられている。2024 年版 IBC では 16 章「構造設計」の 1613 節に地震荷重に対する設計が規定されており、主に ASCE 7 の耐震設計関連の章に従い設計することが規定されている。

American Society of Civil Engineers (ASCE) の基準 ASCE/SEI 7 (建物およびその他の構造物の最小設計荷重および関連基準) の 2022 年版⁴⁾ では、第 11, 12 章を中心に、建築物の耐震設計法が規定されている。

本基準では、最大級地震動 MCE として再現期間が約 1000 ~ 3000 年の地震動を考慮し、その 2/3 倍の大きさの設計用地震動 DE (再現期間約 300 ~ 1000 年) に対して耐震設計を行うこととしている⁵⁾。設計用地震動は加速度応答スペクトルで与えられており、これは日本における $Z R_L$ に相当する。日本では建設地域と地盤の組合せによって 12 種類のスペクトルに分類しているのに対して、米国では建設位置に応じたスペクトルが設定され WEB 上で閲覧できる。

ASCE 7 における耐震設計の主要な設計係数 (耐震性能係数) として、応答修正係数 R 、変形増大係数 C_d 、強度割増係

数 Ω があり、構造システムごとに値が割り当てられている。

R は靱性能に関する係数で、靱性能が高いほど大きな値である。設計用層せん断力は加速度応答スペクトルから求めた層せん断力を R で除して求められることから、日本の設計における構造特性係数 D_s の逆数に相当する係数である。

C_d は線形解析から得られた変形に乗じることで地震時の非線形最大応答変形を算出するために用いられる。日本の保有水平耐力計算の場合、応答変形を要求しておらず、対応する係数も定められていない。

Ω は設計用層せん断力に対する最大強度時層せん断力の比であり、塑性化を許容しない部位の設計応力の算出に用いられる。日本では、RC 造建物のせん断破壊防止のための保証設計や S 造建物の保有耐力接合の設計における強度割増係数に似た係数である。

R は 1978 年の導入以降、適用する構造システムは増加し、それぞれに値が決められているが、それらの値は、定性的判断に基づき、やや恣意的に割り当てられている¹⁾。日本でも構造種別や構法によって D_s が定められているが、工学的判断によっており、定量的な評価はなされていない。

■耐震性能係数の定量評価手法 (FEMA P-695)

このような背景を踏まえ、FEMA P-695 「建物の耐震性能係数の定量評価」¹⁾ では、非線形崩壊解析を行い、確率論的アプローチを用いることで、耐震設計法が意図している崩壊に対する安全性と同等の安全性を担保する耐震性能係数を定量的に評価する手法を開発している。この手法により、既存の構造システムに割り当てられた耐震性能係数の妥当性の評価や、新しい構造システムを基準化する際の耐震性能係数の定量的評価が可能となる。

FEMA P-695 の手法では、評価対象の耐震設計法で設計された構造システムが最大級地震動 MCE に対して崩壊確率が 10% 以下となるか、以下の手順で評価する。

① 評価対象となる構造システムの設計基準を最低限で満足する代表的な原型建物 (インデックスアーキタイプ) を、設計基準の適用範囲にわたって広範に多数選定し、それらを建物性能によって類型化して、複数の性能グループ (PG) を構成する。

② 各原型建物の数値モデルを作成し、非線形荷重増分解析、非線形時刻歴応答解析を行う。地震動は、標準波である水平 22 組 44 波の過去の観測地震動を MCE レベルの加速度応答スペクトルと一致するようにスケールしたものをベースとして用い、それらを定数倍した地震動も用いる。44 波のう

半数の 22 波で崩壊するような定数を崩壊余裕率 (Collapse Margin Ratio, CMR) とし、各建物の CMR を求める。また、実地震動と設計用地震動のスペクトル形状の差が崩壊余裕率に与える影響を考慮するため、スペクトル形状因子 SSF を CMR に乗じて、調整崩壊余裕率 ACMR を算定する。

③ 崩壊余裕率のばらつきを対数正規分布の標準偏差 β_{TOT} として考慮し、次の式で算出する。

$$\beta_{TOT} = \sqrt{\beta_{RTR}^2 + \beta_{DR}^2 + \beta_{TD}^2 + \beta_{MDL}^2}$$

ここで、 β_{RTR} 、 β_{DR} 、 β_{TD} 、 β_{MDL} は、それぞれ、地震動の違いによる応答のばらつき、設計要件に起因するばらつき、実験データに関するばらつき、モデリングに関するばらつきで、対数正規分布の標準偏差として表し、 β_{RTR} は塑性率に応じて 0.20~0.40、それ以外は各性能区分に応じて 0.10~0.50 の値として評価する。

④ 標準偏差が β_{TOT} の対数正規分布において、 $ACMR \leq 1$ とする確率が $x\%$ となるときの平均値を $ACMR_{x\%}$ と表し、各 PG の ACMR の平均値が $ACMR_{10\%}$ 以上、各建物の ACMR がいずれも $ACMR_{20\%}$ 以上であれば、評価対象の R は妥当と評価する。また、非線形増分解析より各建物の設計せん断力に対する最大せん断力の比 Ω を求め、各 PG における Ω の平均値から全 PG での最大平均値を選択し 0.5 刻みで大きい側に丸めることで、評価対象の構造システムの Ω_0 とする。さらに、 C_d は通常の場合、5%減衰を考慮し、 R と同じ値とする。

■FEMA P-695 の手法の活用事例

FEMA P-695 の第 9 章では、ASCE 7-05 で設計された鉄筋コンクリート造特別ラーメン構造を例にとり、手法の適用例を示している。その結果、FEMA P-695 の評価基準を満足しないこと、ASCE 7-05 の設計ベースシア係数の最小値制限を引き上げることで評価基準を満足すること、を示している。この検討を受けて、ASCE 7-10 では最小値制限を引き上げる改正が行われている⁶⁾。

また、文献 7) や文献 8) では、FEMA P-695 の方法論を用いて、新しい構造システムである靱性型鉄筋コンクリート並列耐震壁構造や鋼板併用鉄筋コンクリート並列耐震壁構造を対象とした設計法の検討が行われている。これらの検討を踏まえて、ASCE 7-22 ではこれらの構造システムを新たな適用対象に位置付けている⁹⁾。

さらに、文献 10) では、不整形な建物を対象に、FEMA P-695 の手法による検討を行っており、この検討結果を踏まえ、ASCE 7-22 では不整形な建物の設計法が改正されている⁹⁾。

以上の例からも分かる通り、米国の耐震基準 ASCE 7 は FEMA P-695 の手法によって性能を定量的に評価し、基準に取り込むプロセスを確立している。日本でも、新しい構造シ

ステムの導入や既存の構造システムの耐震性能の評価について、非線形シミュレーションに基づいた定量的、確率論的アプローチを活用した説明性の高い手法の確立が望まれる。

■構造要素の同等性評価手法 (FEMA P-795)

FEMA P-695 が構造システムの耐震性能を定量的に評価するのに対して、構造システム内の構造要素を新たな構造要素に置き換える際に、元の構造システムと同等の崩壊余裕率を保証するための構造要素の実験方法の指針として、FEMA P-795 「構造要素の同等性評価手法」²⁾が開発されている。本手法は FEMA P-695 の考え方をベースに、新しい構造要素の性能を確率論に基づき公平に評価するもので、日本における新要素の開発や性能評価の場においても参考になる。

■まとめ

米国における耐震基準の定量評価手法として開発された FEMA P-695 の手法の概要と活用状況について概観した。この考え方は、日本における既存の構造システムの耐震性能の定量評価や新規の構造システムの耐震設計法開発に役立つ。来年度は、日本の設計法を対象に本手法を適用し、課題や実現可能性について明らかにする。

参考文献

- 1) Federal Emergency Management Agency (FEMA), Quantification of Building Seismic Performance Factors, FEMA P-695, 2009.
- 2) Federal Emergency Management Agency (FEMA), Quantification of Building Seismic Performance Factors: Component Equivalency Methodology, FEMA P-795, 2011.
- 3) International Code Council, 2024 International Building Code, 2024.
- 4) American Society of Civil Engineers (ASCE), Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI 7-22, 2022.
- 5) Federal Emergency Management Agency (FEMA), Earthquake-Resistant Design Concepts, FEMA P-749, 2022.
- 6) Federal Emergency Management Agency (FEMA), NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures, Volume I, FEMA P-1050-1/2015 Edition, 2015.
- 7) Tauberg, N.A., Kolozvari, K., and Wallace, J.W., Ductile reinforced concrete coupled walls: P695 study. Final Report, Report No. SEERL 2019/01, University of California, Los Angeles, 2019.
- 8) Bruneau, M., Varma, A.H., Kizilarslan, E., Broberg, M., Shafaei, S., Seo, J., R-Factors for coupled composite plate shear walls / concrete filled (CC-PSW/CF), Charles Pankow Foundation Report CPF#05-17, McLean, Virginia, 419pp., 2019
- 9) Federal Emergency Management Agency (FEMA), NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures, Volume 1, FEMA P-2082-1, 2020.
- 10) Federal Emergency Management Agency (FEMA), Assessing Seismic Performance of Buildings with Configuration Irregularities, FEMA P-2012, 2018.

II. BCJ 研究支援 (2024 年度) による成果報告

2. 実構造物のひずみ計測による荷重効果の実態把握

横浜国立大学大学院教授 松本由香

■調査研究の目的

構造設計をする上で想定する外力は、さまざまな仮定に基づいてモデル化されたものであり、その妥当性の検証を継続的に行う必要がある。本研究では、文献 1) で報告した鋼管トラスの応力モニタリングを継続し、応力の流れを把握できるように計測点を拡張した。今年度は、応力を検知し外力を推定する手法の信頼性を検証することを目的とし、以下の 2 点について検討を行った。

- ① 静穏時のひずみと気象条件の関係の分析
- ② 重量積載時のひずみの計測によるキャリブレーション

■建設地および対象構造物の概要

対象とする構造物は、図 1 に示す鋼管トラス構造物であり、2008 年に 8 階建て SRC 造建物の屋上 (R.L.31m) に設置されたものである。建設地は横浜市保土ヶ谷区である。図 2 に屋上配置図を示す。図 3 にトラス構造の軸組伏図を示す。トラス部材はいずれも STK400 円形鋼管であり、トラスに ETFE フィルムを定着して庇状の屋根を構成している。

膜屋根は X1~X3 の 3 構面によって支持されている。図 4 に X2 構面の軸組図を示す。

■計測システム概要

各構面の鉛直柱、斜め柱、ブレースのひずみ計測を行った。図 4 ように、R.L. から高さ 788mm を Lv1、高さ 1902mm を Lv2 とし、Lv1 では鉛直柱・斜め柱・ブレース、Lv2 では鉛直柱・斜め柱についてひずみを計測した。選択した 15 断面に各々 4 枚、合計 60 枚のひずみゲージを貼付した。

本研究では、文献 2) と同様のひずみゲージ値の計測システムを用いる。本システムは、チャンネル毎に unix 時間とひずみゲージ値を 85Hz で記録するものであり、計測値 60 点の同期を取るため、0.02sec 刻みで同時刻のひずみ値を線形補間によって算出した。ひずみゲージを 2023 年 12 月 21 日に貼付して以降、機器の更新などによる中断を挟みながら、現在まで稼働している。

建物屋上には高さ 4m の塔屋があり、塔屋屋上から 1.5m の高さに気象計が設置されている。気象計は 5 分間隔でデータをサンプリングしており、過去 5 分間における瞬間最大風速 $V_{peak}(m/s)$ 、平均風速 $V_{ave}(m/s)$ 、風向、外気温、湿度、空気密度などが出力される。

■静穏時のひずみ計測

静穏時のひずみを半日から 1 日程度追跡できる日時のひずみ値を分析する。ここでは 2024 年 4 月 27 日 4:00~翌 28 日 10:00 における記録を例示する。



図 1 トラス構造

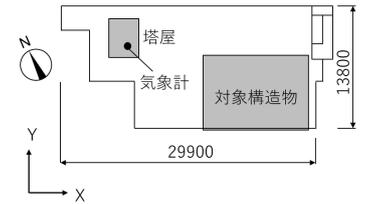


図 2 屋上配置図

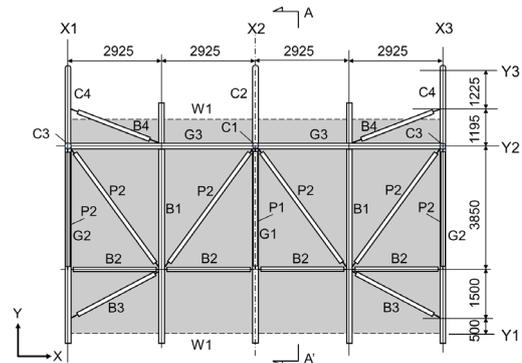


図 3 軸組伏図

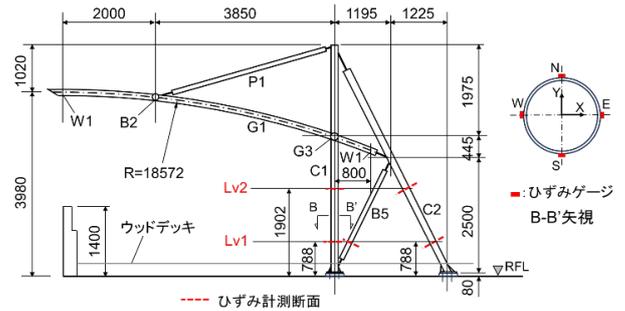


図 4 X2 構面軸組図

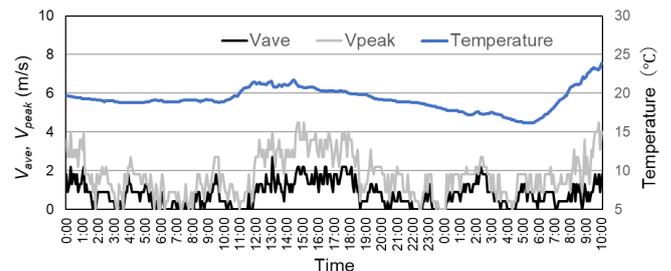


図 5 風速・気温の推移

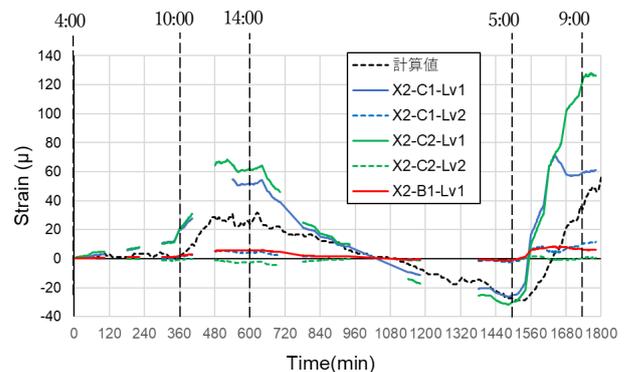


図 6 X2 構面における軸方向ひずみ

各期間のひずみゲージ値について、チャンネル毎に最初の10分間における平均値を求め、以降は平均値からの差分を各時刻におけるひずみとする。また、ひずみは各部材断面に貼付した4枚について平均値を求め、軸方向ひずみとして整理する。軸方向ひずみの符号は引張を正とする。

4月27日～28日における風速・気温の推移を図5に、X2構面の部材断面におけるひずみの推移を図6に示す。図中の黒破線は、鋼材の熱膨張率 ($11\mu\text{m}/\text{m}/\text{C}$) に気温変化量を乗じて求めたひずみ計算値である。鉛直柱 (C1) および斜め柱 (C2) のLv1では、気温に応じてひずみが上昇しているが、柱のLv2およびブレース (B1)のひずみは変化が少ない。

以上のように、ひずみには気温に連動して変化する傾向が見られ、これは熱変形・熱応力に起因していると思われる。X2構面の柱Lv1では特にひずみの変化が大きく、熱膨張率に基づく計算値の2倍程度の値を示した。

■重量積載によるキャリブレーション

(1) 载荷概要

質量を計測した質点をトラス上に積載し、図7に示す3パターンの配置において1分間静止している間のひずみを記録した。実験は2024年11月22日、14:00頃から実施した。各パターンの計測時間を表2に示す。実験時は晴天であり、西向きの弱風が吹いていた。ここでは、14:00～14:10におけるひずみ平均値を基準値とし、基準値からの差分を载荷によるひずみとして扱う。基準値を定めてから载荷完了までは風速がほとんど変化しておらず、風圧力によるひずみの変化は無視できる。

得られたひずみ値に基づき、各断面における軸力 N 、 x 軸回りおよび y 軸回り曲げモーメント M_x および M_y を求める。軸力は引張を正とする。さらに、各柱について曲げモーメントの変化率として x 軸方向および y 軸方向せん断力 Q_x および Q_y を求める。

(2) 応力解析との比較

キャリブレーション実験について応力解析を行い、ひずみ計測値から求めた応力と比較する。応力解析には汎用プログラム SEIN La CREA を用い、線形弾性解析を行う。解析モデルは文献1)に準ずる。

N 、 M_x および Q_y は、膜屋根に吹き上げ・吹き下げによる風圧力が作用したときに支配的となる応力である。これらの応力について、15断面についてひずみ計測値から求めた実測値と解析値を図8～10に比較して示す。いずれの载荷パターンにおいても実測値と解析値が概ね一致しており、応力実測値に基づいて風圧力の傾向を分析する上で、良好な精度が得られている。

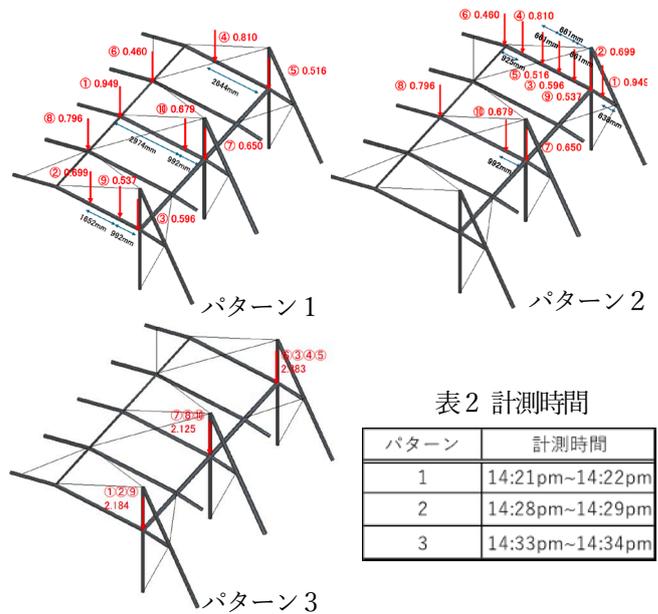


表2 計測時間

| パターン | 計測時間 |
|------|-----------------|
| 1 | 14:21pm~14:22pm |
| 2 | 14:28pm~14:29pm |
| 3 | 14:33pm~14:34pm |

図7 キャリブレーション载荷

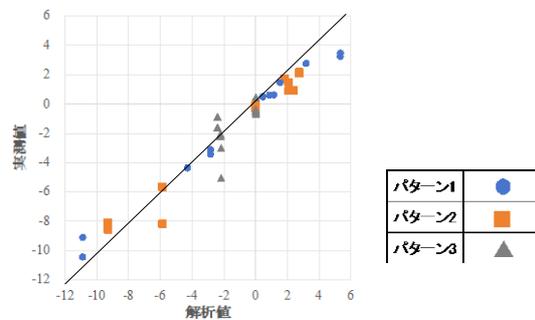


図8 軸力 N (kN)

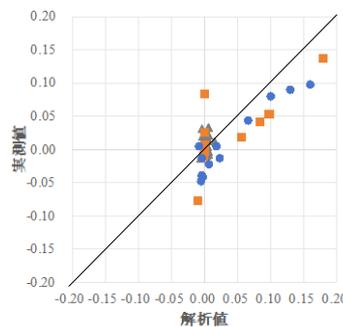


図9 曲げモーメント M_x (kNm)

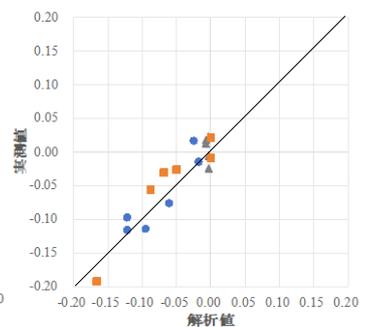


図10 せん断力 Q_y (kN)

参考文献：

- 1) 武田帆香, 黄子霄, 松本由香, 伊山潤: 膜屋根を有する鋼管トラス構造物の風圧力による応力のモニタリング, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, pp.318-pp.321, 2024.9
- 2) 加藤名音, 伊山潤, 小山毅, 福島佳浩, 宮崎祥太: 加速度・ひずみ応答実測による耐震補強鉄骨ブレースの挙動分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2021.9

II. BCJ 研究支援（2024 年度）による成果報告

3. 集合住宅の音環境設計における性能水準設定の実態調査 東京大学大学院教授 佐久間哲哉

表1 アンケート項目

| | | | |
|-----------------------------------|----------------|--------------|--------|
| I. 提供する集合住宅 | | | |
| 1. 会社種別 | 2. 供給地域* | 3. 建物構造* | 4. 階数* |
| II. 室内静謐性能 | | | |
| (1) 道路騒音（または総合騒音） | | | |
| 5. 道路騒音の区別 | 6. 昼夜区分 | 7. 評価量* | |
| 8. 昼間の設計目標値† | 9. 昼間の竣工時許容値† | | |
| 10. 夜間の設計目標値† | 11. 夜間の竣工時許容値† | | |
| (2) 鉄道騒音 | | | |
| 12. 昼夜区分 | 13. 評価量* | | |
| 14. 昼間の設計目標値† | 15. 昼間の竣工時許容値† | | |
| 16. 夜間の設計目標値† | 17. 夜間の竣工時許容値† | | |
| (3) 航空機騒音 | | | |
| 18. 昼夜区分 | 19. 評価量* | | |
| 20. 昼間の設計目標値† | 21. 昼間の竣工時許容値† | | |
| 22. 夜間の設計目標値† | 23. 夜間の竣工時許容値† | | |
| (4) 設備騒音（敷地内・住棟内） | | | |
| 定常騒音： | | | |
| 24. 評価量* | 25. 設計目標値† | 26. 竣工時許容値† | |
| 衝撃騒音： | | | |
| 27. 評価量* | 28. 設計目標値† | 29. 竣工時許容値† | |
| (5) 鉄道固体音（地下鉄等） | | | |
| 30. 評価量* | 31. 設計目標値† | 32. 竣工時許容値† | |
| (6) 目標値設定 | | | |
| 33. 変更頻度 | 34. 変更高低 | 35. 変更理由* | |
| 36. 設定時期 | 37. 設定の参考* | | |
| (7) 居住者の苦情頻度 | | | |
| 38. 1. 道路騒音 | 38. 2. 鉄道騒音 | 38. 3. 航空機騒音 | |
| 38. 4. 設備騒音 | 38. 5. 鉄道固体音 | | |
| III. 外周壁の空気音遮断性能 | | | |
| (1) 外壁 | | | |
| 39. 評価量* | 40. 設計目標値† | 41. 竣工時許容値† | |
| 目標値設定：42. 変更頻度 43. 変更高低 44. 変更理由* | | | |
| | 45. 設定時期 | 46. 設定の参考* | |
| (2) 窓サッシ | | | |
| 47. 遮音等級* | | | |
| 目標値設定：48. 変更頻度 49. 変更高低 60. 変更理由* | | | |
| | 51. 設定時期 | 52. 設定の参考* | |
| IV. 界壁の空気音遮断性能 | | | |
| 53. 評価量* | 54. 設計目標値† | 55. 竣工時許容値† | |
| 目標値設定：56. 変更頻度 57. 変更高低 58. 変更理由* | | | |
| | 59. 設定時期 | 60. 設定の参考* | |
| 61. 居住者の苦情頻度 | | | |
| V. 界床の床衝撃音遮断性能 | | | |
| 軽量床衝撃音： | | | |
| 62. 評価量* | 63. 設計目標値† | 64. 竣工時許容値† | |
| 重量床衝撃音： | | | |
| 65. 評価量* | 66. 設計目標値† | 67. 竣工時許容値† | |
| 目標値設定：68. 変更頻度 69. 変更高低 70. 変更理由* | | | |
| | 71. 設定時期 | 72. 設定の参考* | |
| 73. 居住者の苦情頻度 | | | |

無印：単一回答 *：複数回答 †：自由記述

■調査研究の概要

我が国の住宅政策は量から質への転換を進め、2000年に品確法の下で住宅性能表示制度が開始されたが、音環境の選択率は数%と低く、一方で集合住宅では音環境に関する不具合や苦情が依然多い状況にある。日本建築学会では「建築物の遮音性能基準と設計指針」（1979年初版、1997年第二版¹⁾）を刊行し、集合住宅の音環境設計に大きな役割を果たしてきたが、建築技術、生活様式、要求水準などの変化から見直しを進め²⁾、現在新たに日本建築学会環境基準(AIJES)「集合住宅の音環境性能規準・設計指針」³⁾を策定中である。とりわけ性能規準に関しては学術的見地から客観的合理性を確保しつつ、今日の住宅供給の社会的実状を考慮する必要もある。そこで、民間住宅供給者を対象として集合住宅の音環境性能水準設定に関するアンケート調査を実施した。本報では調査結果の概要を報告する。

■アンケート調査の概要

(1) アンケート項目

表1にアンケート項目一覧を示す。音環境性能としては室内静謐性能、外周壁の空気音遮断性能、界壁の空気音遮断性能、界床の床衝撃音遮断性能の4項目とし、各々について評価量、設計目標値、竣工時許容値、目標値の変更状況・設定時期・参考、居住者の苦情発生状況を質問した。

(2) 調査方法

アンケートは無記名・自記式・オンライン回答とし、不動産協会及び住宅生産団体連合会の音環境関連部会関係者に依頼した。回答期間は2024年10月15日～11月15日とし、ディベロッパー11社、ハウスメーカー7社の計18社から回答が得られた。

■アンケート結果の概要

(1) 室内静謐性能の評価量と目標値

全体的には、道路騒音・鉄道騒音・設備騒音に対してディベロッパーは目標値を設定しているが、ハウスメーカーは殆ど設定していないことがわかった。

道路騒音では、評価量は全社がLAeqを用い、大半は環境基本法の屋内環境基準45dB(昼)/40dB(夜)を目標値としている。なお、1社は1ランク高い設定としている他、賃貸向けでは1ランク低い設定も見られた。

鉄道騒音では、評価量は時間帯又は通過時のLAeq、動特性S又はFのLAmxの4指標に分かれた。目標値はLAeq(通過時)の45dBが主流であり、LA,Smaxでは48~55dBが設定されている。道路騒音の40dB(夜)に対して上記のLAeq(通

過時)は5dB、LA,Smaxは8~15dB高く、間欠性を考慮した緩和に相当する。

敷地内・住棟内設備の定常騒音では、評価量は大半がLAeqを用いているが、目標値は25~40dBとかなり幅があった。また、衝撃騒音に対して1/3程度が評価量をLA,Fmaxとし、目標値は定常騒音と同じか5dB高い値としていた。

(2) 外周壁の空気音遮断性能の評価量と目標値

外壁の遮音性能では、ディベロッパー・ハウスメーカーと

もに半数弱がD値（内外音圧レベル差等級）により目標値を設定し、ディベロッパーはD-45、ハウスメーカーは1~2ランク低いD-35~40を設定している。

窓サッシの遮音性能では、ディベロッパーはT-1~4が選択範囲であるのに対して、ハウスメーカーはT-1未済~T-2であり、外壁と同様1~2ランク低い性能を設定している。

(3) 界壁の空気音遮断性能の評価量と目標値

界壁の遮音性能では、評価量は全社がD値（空間音圧レベル差等級）を用いているが、乾式壁では部材性能としてTLD（音響透過損失値）も併用している。ディベロッパーではD-50が大半であり、ハウスメーカーでも約半数がD-50であるが、賃貸住宅では建築基準法の最低水準付近のD-40を設定する場合も見られた。

(4) 界床の床衝撃音遮断性能の評価量と目標値

軽量床衝撃音では、評価量は全社がLL値（軽量床衝撃音レベル等級）を用い、A特性レベルは全く用いられていなかった。ディベロッパーでは目標値はLL-45が大半であるが、竣工時許容値はLL-45, 50でおおよそ半々となっており、また2ランク低い目標値LL-55まで見られた。一方、ハウスメーカーではLL-35~60と非常に幅が大きく、各社の中でも2~3ランクも異なる性能を提供している。

重量床衝撃音では、評価量は全社がLH値（重量床衝撃音レベル等級）を用い、ボール衝撃源によるA特性レベルは用いられていなかった。ディベロッパーでは目標値はLH-50、許容値ではLH-55が大半であり、ハウスメーカーでも上級仕様で目標値LH-50も見られるが、許容値ではLH-60が多く、さらに2ランク低いLH-70まで見られる。

(5) 目標値の変更状況

物件による設計目標値の変更頻度は、窓サッシ、界床、界壁、室内静謐性、外壁の順で高かった。窓サッシではディベロッパーの方が半数程度と高頻度であり、変更理由として周辺環境、所有形態が多く挙げられた。一方、界壁・界床ではハウスメーカーの方が頻度は高く、変更理由として界壁では所有形態、界床では価格帯を挙げていた。また、ディベロッパーでも分譲より賃貸で1ランク下げるところもあった。

(6) 目標値の設定時期

現在の目標値の設定年代について、ディベロッパーでは外壁以外の性能項目で2000年代が約半数、2010年代以降が約1/4であった。一方、ハウスメーカーでは界壁で2020年代、界床では2010年代以降が約半数を占め、この十数年に性能水準を引き上げたものと推測される。

(7) 居住者の苦情発生状況

各音源に対する居住者の苦情頻度の回答結果を図1に示す。

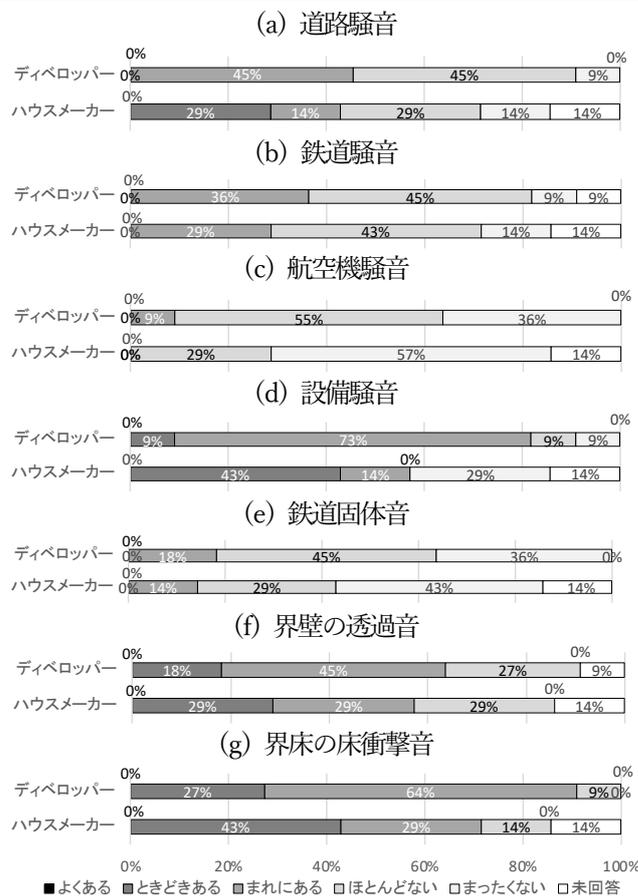


図1 居住者の苦情頻度（音源別）

「ときどきある」の割合に着目すると、全体的にハウスメーカーの方が高頻度であり、ディベロッパーでは界床、界壁、設備騒音の順に多く、ハウスメーカーでは界床・設備騒音が約4割、界壁・道路騒音も約3割にまで上っている。界床・界壁については、コンクリート系のディベロッパーと鉄骨系・木質系のハウスメーカーによる性能差が反映されたものと考えられる。また、ハウスメーカーでは室内静謐性能の目標値を設定していないため、設備騒音・道路騒音の苦情が起きやすくなっている可能性もある。

■まとめ

今回のアンケート調査では回答数は少ないものの、集合住宅の音環境性能設定に関して、各性能項目の目標値の分布、民間住宅供給者の種別による相違、居住者の苦情発生状況との関係など、現在のおよその傾向が把握できた。現場測定、実験室実験、生活実感調査などの知見と合わせて、今後のAIJES策定の参考としたい。

■参考文献

- 1) 日本建築学会編, 建築物の遮音性能規準と設計指針 [第二版] (技報堂出版, 1997).
- 2) 日本建築学会編, 集合住宅の遮音性能・遮音設計の考え方 (日本建築学会, 2016).
- 3) 日本建築学会音環境規準検討小委員会, 集合住宅の音環境性能に関するAIJES策定に向けて, 第82回音シンポジウム資料, 2024.

II. BCJ 研究支援 (2024 年度) による成果報告

4. 近年のドイツにおける木質系オフサイトコンストラクション

榎藤智之 (東京大学)、渡邊史郎 (建築研究所)、田村篤 (同)

■調査研究の概要

木質系オフサイトコンストラクションの供給が活発化していると言われるドイツを対象として、資料調査と南部バイエルン州周辺でのインタビュー調査を実施した。インタビュー調査では、施工現場や工場の見学も合わせて行い、屋上への木造への増築や解体を容易にする構法の開発、耐火を意識した CLT や枠組パネルなどの使い分け、ユーザーによる設計と BIM や積算などを結びつけるアプリケーション開発など特徴的な取組みを明らかにした。

1. はじめに

世界各地で、アフォーダブル住宅の必要性の高まりや、技能者の不足等を受けて、オフサイトコンストラクション化 (建築部材の工場生産化) が進められている。オフサイトコンストラクションのような地域性によらず普遍性の高いと思われる技術についても、それぞれの国や地域の制度や市場、技能者、材料供給などの条件によって、実際に供給される住宅やその受け入れられ方には違いが生じると考えられる。また、各地での工夫や課題を知ることは、日本を含めて、現在オフサイトコンストラクションの導入を進めようとしている国や地域にとっても有益な知見を提供することができると考えられる。

ドイツは木質系のオフサイトコンストラクションの比率や売上高がヨーロッパの中でも高く、地域ごとに有力な製造業者が存在し、木質で 3, 4 階建ての住宅など多様な住宅タイプが供給されていることが知られている。本研究では、環境意識の高まりや経済の低迷など、ここ数年のドイツ建築・住宅産業の動向を踏まえた上で、各木造建築関連主体の取組みを明らかにする。

具体的には、まず文献・資料や統計調査に基づき、法規・制度の概要や建築・住宅産業の近年の傾向を明らかにする。次に、2025 年 3 月にドイツのバイエルン州周辺で現地調査を行い、木質建設企業 3 社の取組みや現在の市場や制度などに対する業者側の認識について明らかにした。

2. 資料調査

2.1 制度

ドイツは連邦、州それぞれに立法権があり、建築については各州が制定する州建築法 (LBO, Landesbauordnung)

がある。これと別にドイツ連邦共和国としての基本法 MBO (Musterbauordnung、モデル建築法) があり公衆の衛生や省エネについて定めているが、その行使にあたっては各州の事項とするところが大きい。日本と比較すると、木造建築では、耐火性に関する規定の検討がエンジニアリングの重要な部分を占める。建築の構造・防火規定は、MBO および LBO によって、建物規模によるクラス (GK, Gebäudeklassen) に応じて GK1~5 まで定められている。例えば、バイエルン州建築基準法 (BayBO) 第 24 条第 2 項第 4 文では、高度な耐火性または耐炎性が求められる部材の代わりに可燃性材料でできた部材を使用することを認めている。この規定は 2020 年 10 月のドイツ連邦の M-HolzBauRL (標準木造ガイドライン) に従って定められた。M-HolzBauRL により、住宅企業が個別に特殊な認定を取得しなくても、比較的自由度が高く、木質系の外壁等を使うことが可能になったとされる。

2.2 住宅市場等

FIEC (European Construction Industry Federation) によると、ドイツの建設業は 2021 年頃から低迷期にあり、特に住宅生産が低迷している。2023 年まで建設投資は 3 年連続で減少し、特に 2023 年には戸建住宅の着工数は前年比で 40%以上低下した。また、2022 年に建設資材価格の急騰が問題になったが、2024 年時点では高止まりした状況である。さらに、2024 年初めの調査では熟練労働者の不足を 62%の建設系企業が事業リスクとしてあげるなど、職人不足も深刻である。木材流通について、堀は 2000 年代に入ってドイツ林業が集約化し、木材生産量の拡大につながった点を指摘しており、現地調査の対象とするバイエルン州などドイツ南部は林業が盛んな地域である。

3. 現地調査

3.1 3社の概要

木質建築会社 3 社 (A、B、C 社) に対してインタビューと施工現場や工場の視察を行なった。A 社は、1930 年代に創業し、現在は木質系オフサイトコンストラクション部材の製造や施工を行ない、木造住宅の製造と組立の 2 つの分野で RAL マーク (EU 基準より一般に厳しいとされる) を取得している。特にオフサイトコンストラクションを使った外壁改修に積極的に取り組んでいる。B 社は 1945 年に大工棟梁が創業し、現在は木質建築の設計、製

造、施工を手がけており、設計事務所等に対するエンジニアリングやコンサルテーションも手がける。従業員は100名ほどである。モジュラー建築の製造や施工も手がけているが、戸建住宅はほとんど手がけず、集合住宅や非住宅が多い。C社は1972年に創業し、現在は木造戸建住宅（一家族、二家族）を中心に、農業施設や工業施設など木質建築の供給なども行なう。年間に戸建住宅を700棟ほど販売し、これが売り上げの約6割を占める。

3.2 供給される住宅・建築、構法の特徴

3社に共通して、木質化による資源循環に加えて、工場生産化によって木質のプレハブ部材を高付加価値化する意図が強く見られた。またA、B社は、90分耐火が求められる構造部のみCLTの壁や集成材の柱にし、外壁や内部の間仕切り壁は荷重を負担させないことで30分耐火として枠組パネルを使うなど、CLT、集成材、枠組パネルなどを使い分けている。将来的な可変性を実現する技術も注目されており、C社はSI的な構法の研究を大学等と実施している。B社では、スチール製の金物を介してモジュラー同士を接続することによって、将来的に取り外しが容易な構法で住宅や学校などを既に建設している（写真1）。

加えて、3社に共通して、既存建築上部への増築に取り組んでいる。B社はこの利点として、持続可能性（省CO₂）、工期短縮、現場での騒音の少なさ、健康的な室内環境をあげている。これに加えてA社では、都市部の土地や住宅が不足していることに対して、屋上への増築であれば新規に建設用地を準備しなくても建設できることや、木造で増築することで騒音等を軽減し、住民を立ち退かせずに施工ができることを利点としてあげた（写真2）。



写真1 解体を考慮した接合部 写真2 屋上への増築

3.3 生産システムや制度

炭素固定や断熱性能、軽量性などの観点から、混構造であっても幅10m程度の大型の木質パネルを外壁に用いたり（B社）、改修時に外壁を木質パネルに取り替える（A社）といった事例が見られた。こうした大型パネルは3社とも自社工場で作成しており、長さ18mまでであれば特別な認定を取得することなく運搬することが可能である。

モジュラーで集合住宅やホテル、学校などを建設する事例が見られる一方で（B社）、戸建住宅を中心に販売するC社では、平面等の柔軟性から枠組パネルを用いている。

設計と製造・施工段階をスムーズに結びつけるために、Lean Construction や EPD に関心を持ち、設計初期段階から発注者、設計者に構法等について伝えるなどの工夫が見られた（B社、C社）。他にC社に特徴的な技術としてコンフィギュレーターがあり、部屋数や広さから大まかな住宅のタイプを選んだ上で、断熱性能や設備機器などの仕様、間取り、仕上げの材料、色などを決定し、一定の幅を持った住宅価格も逐次的に表示される。また、ARのアプリケーションも独自に開発しており、建設地で内部からどのような景色が見えるかなど確認することができる。

ドイツ南部では木造に積極的であり、ベルリンでも炭素固定への関心などから木造の需要が高まっているとの指摘がある一方、ドイツでは州や村ごとに規準が異なり、それに合わせる必要があるという指摘がなされた。しかし、その内容は仕上げの色といった内容が多く、耐火などはドイツ連邦政府の規準を用いているように思われる。また、パネル間の接合部などの新技術についても、書類を用いたエキスパートジャッジにより、実験を経なくても迅速に用いることができるという指摘が得られた（B社）。



写真3

写真4

モジュラーを用いたホテル 戸建住宅用の大型パネル

4. まとめ

本研究では、ドイツの木造に関する制度や建築・住宅市場の近況を概観した上で現地調査を実施し、木質系建築企業3社へのインタビューや工場調査、施工現場調査を実施した。大型パネルやモジュラー化で生産性を上げ、これと合わせてコンフィギュレーターや早期の合意形成を図るなど生産プロセスにも工夫が見られた。日本にない事例として、ドイツでは土地や住宅価格が高騰する中で屋上への増築が注目されている。

参考文献

堀靖人、グローバル化とドイツ林業、林業経済 72 (8)、pp.1-15
FIECHP (<https://fiec-statistical-report.eu/germany>)

Ⅲ. 建築技術研究所のご案内

■BCJ 建築技術研究所 研究体制のご紹介

建築技術研究所は、所長の下、部長、各研究テーマのグループリーダー、メンバーで構成しており、グループ毎に調査や研究を行う体制としています。

また、具体的な調査・研究の方向性やテーマ設定などに関する助言をいただくため、学識経験者等による諮問委員会および基本企画委員会を設置しています。

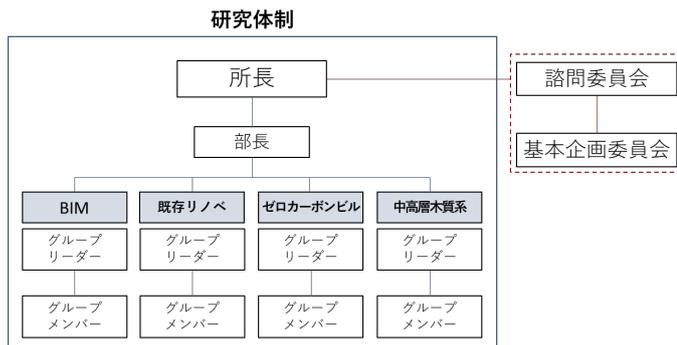


図 2024 年度の研究体制

各研究テーマの取り組みは、BCJ ホームページをご参照ください。<https://www.bcj.or.jp/research/#a01>



■BCJ 技研レポートに関するお問い合わせ

一般財団法人 日本建築センター 建築技術研究所
〒101-8986 東京都千代田区神田錦町 1-9
東京天理ビル

Tel 03-5577-7884

URL <https://www.bcj.or.jp/>

Mail btri@bcj.or.jp

■新刊書籍のご案内

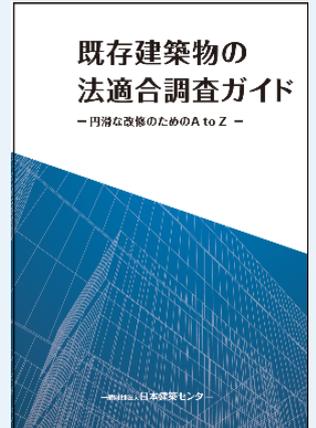
既存建築物の法適合調査ガイド

-円滑な改修のための A to Z-

日本建築センターでは、既存建築物に関する専門部署を設置し、既存建築物の改修の法適合性を審査する業務等に取り組んできました。

その実績や知見をもとに、既存建築物に関連する関連法令や調査方法を分かりやすく説明しています。

このテキストを詳細に解説するセミナー「既存建築物の法適合調査ガイド 実務編」の開催予定など最新情報の配信をご希望の方は、当財団ホームページよりご登録ください。



5,500 円 (税込)
(情報交流会正会員は 10% 引)



書籍販売サイトは[こちら](#)

目次

- 第1章 建築基準法の概要
 - 1.1 建築基準法の概要
 - 1.2 用語の説明
 - 第2章 既存建築物に関する法令の整理
 - 2.1 既存建築物に関する法令
 - 2.2 増築等をする場合の構造耐力規定の適用関係
 - 第3章 建築基準法の変遷
 - 3.1 法令改正の流れ
 - 3.2 分野毎の主要な法改正
 - 3.3 法の適用関係を定めた規定の変遷
 - 第4章 既存建築物に関する調査方法
 - 4.1 調査内容の整理
 - 4.2 調査方法・手順
 - 4.3 ガイドライン調査
 - 第5章 増築等又は用途の変更の改修計画
 - 5.1 改修計画
 - 5.2 改修工事
- 目的別索引
- 増築を予定している場合
 - 大規模の修繕又は大規模の様替を予定している場合
 - 用途変更を予定している場合
 - 小規模の修繕又は減築を予定している場合

 日本建築センターは、2025年8月に、**設立60周年**を迎えます。

「60周年記念サイト」の開設にあたって

一般財団法人日本建築センターは、2025年8月に、設立60周年を迎えます。これまで、ご指導、ご支援いただきました皆様方に、心より感謝申し上げます。さて、設立60周年を迎えるにあたり、「60周年記念サイト」を開設いたしました。当財団のあゆみをふり振り返りつつ、過去10年間を中心とした事業の状況を順次、掲載いたしますので、ご一読いただければ幸いです。これからも、お客様と社会のニーズに的確に対応し、信頼性の高い技術審査・評価サービスを提供することを通じて、建築技術や建築界の発展と向上に寄与できるよう、努めてまいります。今後とも、皆様方の変わらぬご愛顧を賜りますようお願い申し上げます。

理事長 橋本 公博



[60周年記念サイト](#)



年誌（10年毎）



事務所の変遷



1965年～（晴海・仮事務所）



2011年～（神田錦町）



1968年～（晴海）



（神田錦町事務所の受付）



1981年～（虎ノ門）



2025年～（大阪事務所・本町）



2007年～（外神田）



2002年～（浄化槽試験所・美浦村）