

建築構造物の要求性能実現のための
設計・評価の体系化の
ロードマップ

日本建築学会 構造委員会
荷重運営委員会 [編]

2021年3月

序

建築物に作用する荷重・外力に関する調査・検討を行う荷重運営委員会では、日本建築学会として目指すべき構造設計法の在り方に関する検討に資することを目的として、傘下に構造設計法検討荷重 WG（活動期間 2018 年 4 月～2020 年 3 月）を設置し、米国、欧州、ニュージーランド、オーストラリアなど諸外国の構造設計法の現状について、性能設計・評価の観点を中心に調査を実施した。

一連の活動の結果、「現行の法規下で設計される建築物の保有性能に関する説明性」、「用途ごとに異なる重要度に対する潜在的なニーズに対応した設計体系の整備」、「建築物単体だけでなく都市や国全体といった視点」、「他分野との連携」などの課題が再認識され、また、これらの課題の一部は、性能設計・評価の体系化という観点から整理し、実務に浸透することで解決できる部分があるとの認識に至った。

『建築物荷重指針』の中長期的な改定についても、性能設計・評価の体系化の中に明確に位置付けて行うことが望ましく、その実現に向けて学会関係者が共通認識のもとで解決すべき短期及び中長期的課題とその実施計画を記したロードマップを作成した。

WG 活動期間終了後の 2020 年 4 月以降は、荷重運営委員会に成果のとりまとめに係る活動を継承し、2021 年 3 月に本報告書としてとりまとめ、2023 年 7 月に公表することとなった。

本報告書が、日本建築学会内外において、実効ある性能設計・評価を実現するための議論を深める機会となり、建築物の性能設計法・評価法の検討において様々な場面で活用されることを期待する。

目次

1	はじめに	1
1.1	ロードマップ策定の背景	1
1.2	国内外の関連動向	2
1.3	ロードマップ策定の目的	4
1.4	ロードマップの目指す姿	5
2	ロードマップ概観	6
2.1	共通課題の概観図	6
2.2	荷重評価に係る課題の概観	12
3	個別課題のロードマップ	14
3.1	共通課題	14
3.2	荷重評価に係る課題	31
4	まとめ	42
付録		
	荷重運営委員会 委員名簿	43
	構造設計法検討荷重 WG 委員名簿	45

1 はじめに

1.1 ロードマップ策定の背景

建築物に要求される構造に関わる性能は、社会の変化に応じて多様化している。諸外国では、このような変化に対応する設計法の改良や開発が絶えず進められている。建築基準法においては1998年の法改正に伴う性能規定化が進められたが、そこに規定される性能や性能水準は基準法施行時から十分には議論されていない。しかし、その後の進展がそれほどない状況であり、2011年の東日本大震災、近年の台風による強風被害や水害、土砂災害、雪など気象災害等、自然災害の被害状況、および、自然災害に対する地域防災の取り組みを鑑みると、建築物等の構造設計・評価が様々な社会的な要請に対応できていないことが懸念される。この状況に対しては、例えば以下のような理由が考えられる。

- ・ 現行の法規で設計された建築物の性能について、「経験的に問題ない」といった説明に留まることが多く、定量的な尺度が不明確である。また、そのため資産価値を高めることにつながりにくい。
- ・ 施設の用途ごとに異なる重要度を考慮した設計に対する潜在的なニーズに対して、設計・評価の体系が確立されていない。
- ・ 法規で定められていない荷重に対する対応が不明確である。
- ・ 建築物の性能が個別の建築物のものとして議論されることが多く、都市あるいは国全体でみた防災の議論と建築物の性能の議論につながりが見えにくい。
- ・ 学会も含め、検討が縦割りで議論されており、他分野とのつながりが不明確である。
- ・ 現行の法規に基づく仕様等の告示の数が多く、建築物全体の性能とのつながりが見えづらい。
- ・ 新たな被災経験は法規に反映されているが、それが仕様規定的な反映にとどまっており、知見化・一般化されて他の荷重・構造種別の評価法の改善などの形で水平展開される、または、設計法の考え方の改善などの形で法規に反映されることがまれである。

現行の法規下で設計された建築物の保有性能に関する説明性、用途ごとに異なる重要度に対する潜在的なニーズに対応した設計体系の整備、建築物単体だけでなく都市や国全体といった視点、縦割りに縛られない他分野との連携などが求められる。そこで、荷重運営委員会及び傘下の構造設計法検討荷重WGでは、性能規定型構造設計・評価の体系化を行い、実務に浸透することで解決できる部分があると考え、そのためのロードマップを作成することとした。また、その実現に向けて学会関係者が共通認識のもとで解決すべき短期及び中長期的課題とその実施計画を記したロードマップを作成した。

1.2 国内外の関連動向

性能規定型構造設計法の検討は、これまでも、わが国も含め様々実施されている。

国内の動向としては、例えば、JSCA（一般社団法人日本建築構造技術者協会）は、性能設計に関して2001年9月に初版を発行した「JSCA 性能メニュー」（2006年9月に改訂）の最新版として、2018年に以下の資料を発行している。

① 「JSCA 性能設計【耐震性能編】」パンフレット（2018年2月発行）

建築主と構造設計者が性能設計を行うための手がかりとするための資料

② 「JSCA 性能設計説明書2017年版【耐震性能編】」（2018年3月発行）

構造設計者が実際に性能設計を行うための資料

JSCA が提案する性能設計は、建物の質の向上を目的とし、建物が有すべき性能を明示し、判断基準値等を定め、建築に係る関係者の責務および役割等について規定するものである。本来は地震だけでなく、暴風、豪雪、洪水、津波など様々な外乱に対して提案されるべきものであるが、特に近年において、巨大地震の発生が危惧されているため、まず地震を対象とした性能設計の具体的プロセスについてまとめている。

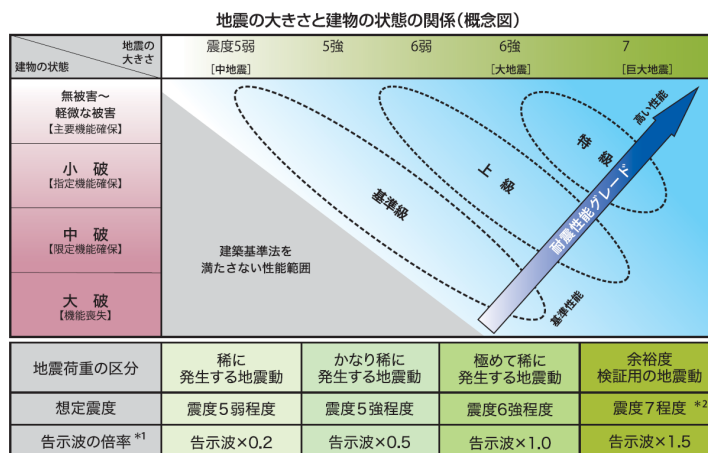
最新版では、設計に用いられる新たな地震動への対応を踏まえ、建築主と構造設計者が耐震性能に関して対話をしながら設計を行う性能設計の手順を整理している。最新版の主な改訂内容を以下に示す。

- ・ 地震による建物の状態を、骨組だけでなく仕上材も含めて総合的に判断
- ・ 耐震性能グレードを建物の応答値で判定することを明記
- ・ 地震の大きさを4段階に細分化
- ・ 耐震・制振構造と免震構造の耐震性能グレードを分割

また今後、時刻歴応答解析を用いずに建物の変形等を算出する方法や、低層建物（高さ20m未満）の簡便的な耐震性能グレードの評価方法、及び地震以外の外乱（積雪や津波などの特殊外力、風揺れや歩行・交通振動などに対する居住性能）に対する性能設計についても提案を行う予定としている。



「JSCA 性能設計【耐震性能編】」パンフレット



地震の大きさと建物の状態の関係(概念図)

*1) 告示波とは、平12建告第1461号の極めて稀に発生する地震動の加速度応答スペクトルに適合した模擬地震波とし、建設地の表層地盤による増幅を考慮します。 *2) 震度7程度の地震動は、1995年兵庫県南部地震程度を想定しています。

一方、国際的には性能規定型の流れが主流である。構造物の安全性の原則に関する国際標準であり構造設計の「基本的な考え方」を示すバイブルであるとされている ISO2394 (General Principles on Reliability for Structures, 構造物の信頼性に関する一般原則) は、構造物に対する基本的要求事項として、「その供用期間内に社会的機能を支え、持続可能な社会的発展を促進させるように、設計、運営、維持管理及び撤去されなければならない (4.2 節)」(太字下線は著者が強調) としている。目標とする性能水準については、「結果及び破壊の性質、経済的損失、社会的不便性、環境への影響、持続可能な天然資源の利用、破壊確率を低減するために必要な労力及び費用の総計を考慮に入れて選択することが望ましい (8.4 節)」としている。Annex には目標とする信頼性指標の下限の暫定値も示されてるが、リスク低減に要する費用の大小に依存する点は注目に値する。

ISO2394 を基に作成された EN1990、いわゆる Eurocode 0 はヨーロッパ諸国にとっての構造設計基準の共通の基本であり、そこでは、「構造物は、適切な水準の信頼性および経済的な方法で、供用期間中に起こりうるすべての荷重および影響に耐え、また、構造物や構造部材に要求される使用性に関する規定を満足するように設計・施工されなければならない。」としている。アメリカ土木工学会によって策定され同国内の多くの自治体によって採用されている ASCE 7-10、および、オーストラリアの国内基準である Building Code of Australia にも表現は異なるが同様の記述がなされており、いずれの規準においても、安全性および使用性を「適切な水準」で確保すべきとしている。

1.3 ロードマップ策定の目的

ロードマップを策定することで以下を実現することを目的とする。

- ・ 建築物の性能規定型構造設計法に関わる現状、課題、目標とその実現方法について、関係者が認識を共有する。
- ・ 建築物荷重指針・同解説に関わる研究者・構造技術者および建築学会関係者が考える目指す方向に関するメッセージを社会に向けて発信する。
- ・ 以上を通じて、性能規定型の建築構造物の設計・評価の実現に向けての雰囲気を醸成し、共有できる考え方を必要な情報とともに公表する。

1.4 ロードマップの目指す姿

建築物の構造設計において、要求性能を実現できる形で、性能設計・評価を体系化する。

2025年及び2035年に改定が予定されている建築物荷重指針・同解説での指針における規定化をひとつのマイルストーンとし、進捗の確認や新たな課題の抽出等を行う。

荷重運営委員会としては、2025年の荷重指針の改定において性能規定型構造設計法・評価法の体系化に資する形で荷重指針の改定を行うことを目指し、それに資する形での改定を行う。また、そのような荷重指針の改定が、日本建築学会構造委員会傘下のその他の基準・指針などに波及し、2035年の荷重指針の改定までには、性能規定型構造設計法・評価法に関わる基準・指針などが充実し、構造設計・評価の高度化に資することを目指す。

2. ロードマップ概観

2.1 共通課題の概観

(1) KJ法による課題の抽出

まず、WG 委員等から構造設計における荷重評価を含む構造設計法の問題提起を行い、問題意識を共有した。その後、それらの問題意識（今後必要と考えること）をより明確にするために、WG 委員によるブレインストーミングを KJ 法により行った。参加委員から出された問題意識の中から類似するものをグループにまとめ、見出しをつけるとともに、それらの相互の関連について議論し、その結果を図 2.1 の形で整理した。図では構造設計法に関わる様々な課題が、性能規定型構造設計法（性能設計法）を確立することを最終的な目的の達成と、どのような関係にあるかが分かる形で可視化されている。

検討により、性能規定型の構造設計法・評価を確立するためには、「荷重（ハザード）の評価」や「性能評価法の確立」という技術的な問題のみならず、「要求性能の設定」や「指針と設計者の役割」、「設計と地域防災」などのより社会的な課題も併せて取り組む必要があることが改めて認識された。

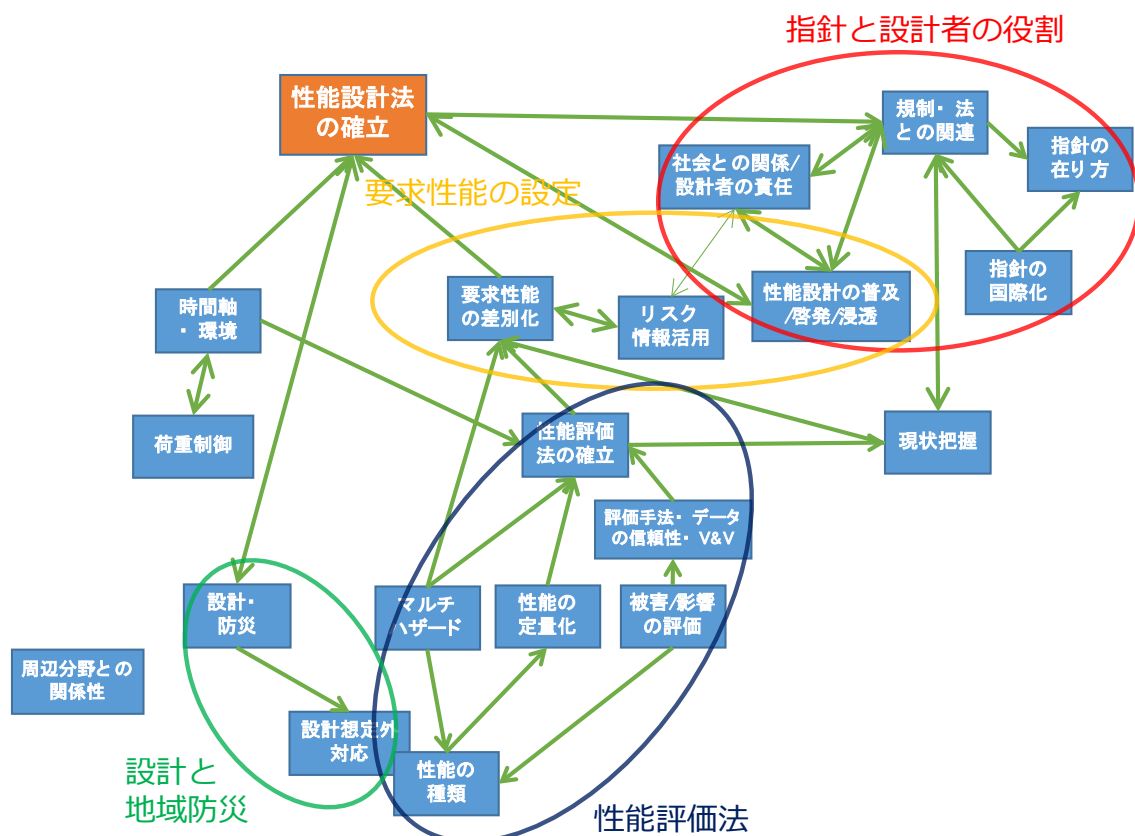


図 2.1 「要求性能実現のための設計・評価の体系化」を達成するために必要となる要素

各々の見出し（要素）に対応する議論参加者の問題意識（今後必要と考えたこと）を以下に示す¹。次節（0）において示す各々の課題は、これらの問題意識も参考にしながら設定した。

A) 要求性能の差別化

- ・ 建築物の重要度に関する分類の明確化
- ・ 建築物の重要度に応じた性能水準の設定
- ・ 建物の重要度（用途）に応じた設計法の詳細化の考え方
- ・ 建物の重要度（用途）に応じた荷重の大きさの設定
- ・ 建物の重要度（用途）に応じたクライテリアの設定
- ・ 建物の重要度（用途）に応じた要求性能/水準の設定
- ・ 災害時に必要な施設の要求性能（荷重設定も含む）
- ・ 災害時に必要な施設の設計（荷重設定も含む）
- ・ 重要度に応じた荷重の割り増し（重要度係数）
- ・ 建築物の目的に応じて要求性能上げる方法（どのような用途の際に、どのような性能を上げるのか。例えば、避難所、病院、防災拠点、リスクの大きな建物・施設(毒物、危険物))
- ・ 損傷・破壊に伴い発生する（社会及び個人に対する）負の結果の重大性の評価
- ・ 建築物の有する性能が異種荷重間／異種性能間でバランスが取れていること
- ・ 社会全体のリスクの中でのバランスを考えた構造安全性の水準設定
- ・ 目標性能水準設定の考え方（抛り所）

B) リスク情報の活用

- ・ リスク論の導入（Risk-based／Risk-informed）
- ・ 生命のリスクと経済のリスクの両方の考慮
- ・ 保険の利用

C) 性能評価法の確立

- ・ 性能を確認する方法の明確化と高度化
- ・ 性能の定量化手法の確立
- ・ 性能を評価する仕組み（手法、手順／評価機関・者／責任の在り処）
- ・ 事象が発生した場合（地震が起こって建物が損傷など）のクライアントや社会との合意

¹ なお、これらは全て各委員の認識であり、KJ法の性質上、必ずしも全員の共通認識ではないことに注意が必要である。

形成の道筋

- ・ 性能証明のツール（共通化が必要？／差別化が必要？）
- ・ 性能水準の評価方法・・・
- ・ 性能のロバスト性（条件が変わっても性能が変わらない）
- ・ 確率ベースで設計ができない場合のリスク情報（確率／被害の大きさ）の使い方

D) マルチハザード

- ・ 地震などの荷重に対する構造性能と火災（避難計画を含む）時の安全性との依存関係
- ・ 設計式における荷重組合せの高度化
- ・ 設計で想定する状況と限界状態に応じた荷重組合せの考え方の整理
- ・ 時間的な変化を考えた荷重評価（例：地震と火山噴火、雪と地震などの時間差での作用、雨、降雨後の地震による斜面崩壊など）
- ・ 本来の荷重組合せは、設計式における荷重組合せより多様な意味を持つ
 - ◇ 被害の大きさ、復旧に要する時間等への影響
 - ◇ ひとつの荷重の発生が、他の荷重の発生確率を変化させる

E) 性能の定量化

- ・ 性能を評価する尺度と荷重効果（応答）を評価する尺度が対応していること
- ・ 適切な性能評価の指標（応力／変形／応答加速度／人の避難可能性／不安度など）
- ・ 性能水準の尺度との対応（分かり易さも含め）

F) 評価手法・データの信頼性・V&V

- ・ 評価法の精度・信頼性（credibility）
- ・ 性能検証法の V&V（Verification & Validation）
- ・ 動的解析手法の標準化（V&V と関連して）
- ・ 性能証明方法（設計段階(図面、計算書)／施工段階(検査証明書)・・・）
- ・ 雪荷重等の荷重を数理モデルとして求める（例えば、降水量と気温から CFD で屋根形状係数を求めるなど）
- ・ 荷重や応答の評価の妥当性確認をどのようにするか。また、評価モデルの将来予測に関する能力をどのように評価するか

G) 被害／影響の評価

- ・ 人的被害（量）の評価
- ・ 経済損失まで含めた損失の評価方法（建物の被害の程度との関係）
- ・ 波及度の評価まで含めた被害の評価

H) 性能の種類

- ・ 設計で考慮すべき性能の明確化
- ・ 性能の分類
- ・ 構造の性能／建築物の性能／建物群の性能／街区の性能／都市の性能
- ・ 建物群の性能
- ・ 必要となる性能を、部材→架構→構造システム→建物→複数建物→街区→地域という異なるスケールで議論
- ・ 常時と非常時で確保すべき性能は異なる
- ・ 性能を定義する（良い・高い性能とは？／性能を比較するにはどうする？／性能と資産価値の関連は？）

I) 性能設計の普及/啓発/浸透

- ・ より多くの技術者／社会への性能設計やリスク（確率を含む）の考え方の普及・啓発
- ・ ISO2394 の JIS 化とその活用
- ・ 建築主が拠ることができるガイド的な文書
- ・ 教育・普及の在り方
- ・ 性能評価書の発行や明示など性能設計の制度化
- ・ 荷重指針と対になる性能設計法に関する指針類が必要

J) 法規との関連

- ・ 「最低限の性能」と「最適な性能」の違いを認識すること
- ・ 「経済合理性」と「社会的要求」という矛盾しうるものをどうまとめるか

K) 設計者の責任

- ・ リスクコミュニケーション／技術コミュニケーション
- ・ 社会的要請と設計慣行のギャップ
- ・ 災害で顕在化した課題の整理
- ・ 安全性や満足度に関して社会に認知される指標をどのように決めていくか？
- ・ 設計者が負うことができる説明責任や法的責任を保険の活用も含めて考える

L) 指針のあり方

- ・ 荷重指針の位置付けが明確化になるとよい（建築物の構造関係技術基準解説書の補完的な位置づけから、より現実の設計により反映されるものに）
- ・ 指針のあり方の検討（情報提供手段としてテキストベース、ソフトウェアの提供、オンラインデータベース、数値計算条件／update の方法など）
- ・ 情報の更新により設計体系が更新されることへの理解の醸成

- ・ 指針の高度化に向けた仕組みづくり（基準や指針が時代の進歩に応じて進化できるようにするため）
- ・ 統計データに限らないデータの利用法、活用法
- ・ 指針の適用範囲の明確化

M) 指針の国際化

- ・ ASCE, EUROCODE, ISO との関係も含めた、荷重指針の国際化
- ・ 海外における性能評価の仕組みとの関連性、連続性

N) 設計想定外対応

- ・ 恒久性と切迫性を設計・評価でどのように考えるか（例：「近々大地震が迫っている」ことに対する考え方）
- ・ 設計で想定する極大事象の上限をどのように考えるか
- ・ 設計を超える荷重等の条件に対する性能の確保
- ・ 長期的対応（立地、都市計画）
- ・ 設計だけではなく、事前予防措置等様々な対策をトータルで考えることが必要
- ・ （意図的なものも含む）人為的な事象
- ・ 予期できる荷重／予期できない荷重／じわじわ生じる荷重の扱い方
- ・ 頻度は大きい地域が限定される災害（土砂など）に対する設計・評価も含めた対応

O) 設計・防災

- ・ 設計・評価と地域防災・減災の関わり
- ・ 設計と地域防災の役割分担
- ・ 使用性から地域防災まで、連続的に荷重を考えることができるか？（荷重レベルと発生確率の対応付け）
- ・ 被災すると社会に大きな影響がある施設の設計
- ・ 広域災害への対処
- ・ 都市の安全性

P) 現状把握

- ・ 現在の設計法で作られる建築物の性能の把握
- ・ 設計荷重に対する余裕（耐力の余裕）の定量化
- ・ 従来（決定論的な）設計法との連続性も考えた性能設計の体系化

Q) 時間軸・環境

- ・ 時間的要因による設計条件の変化

- ・ 建築物の長寿命化が議論される現状で、設計で考える供用期間は 50 年のままでよいのか？
- ・ 性能の（竣工後）モニタリングと対処を前提とした設計体系
- ・ 持続可能性（SDGs）を踏まえた建築物の要求性能
- ・ 設計・評価時に供用期間と要求性能水準をどのように設定するか
- ・ 環境への配慮

R) 荷重制御

- ・ 荷重を評価するだけでなく、運用における制限を行うなどの積極的な制御
- ・ 制御可能な荷重の扱い

S) 周辺分野との関係性

- ・ 要求性能に関して、土木構造物等との関係は？
- ・ 非構造部材、設備、什器の設計／評価
- ・ 津波や土砂災害など個々の建物では対応できないものの扱い
- ・ 建築物の地震応答だけでなく、居住する人などの評価も
- ・ 人間生活環境としてみた構造性能（耐力・安全性／使用性／被災後に期待される性能と平時・日常時の性能／環境分野では湿気などの空気環境に着目）
- ・ 造成地において考慮しなければならない荷重（地すべり／斜面安定／地盤改良）

次項 2.2 では、以上の問題意識を踏まえて、現状分析とあるべき姿の設定を行い、そのギャップを明らかにし、そのギャップを埋めるために、どのようなスケジュールで何を実施するかを議論する。

2.2 共通課題に対する課題の概観

次に、図 2.1 の各要素について、現状分析とあるべき姿の設定を行い、そのギャップを明らかにし、そのギャップを埋めるために、どのようなスケジュールで何を実施するかを議論した。2025 年及び 2035 年に改定が予定されている建築物荷重指針・同解説での指針における規定化をひとつのマイルストーンとし、2025 年の改定では、性能規定型設計法・評価法が体系化されていること、2035 年の改定時にはそれらに基づき設計・評価が確立（社会に定着）していることを目標に、実施に必要な事項を整理した。その結果を図 2.2 に示す。



図 2.2 共通課題に対するロードマップ概観図

3 個別課題のロードマップ

3.1 共通課題

第2章で設定したマイルストーンとその実現に必要な共通課題について詳細を以下に示す。

(1) 用途に応じた要求性能・要求性能水準の標準化とそれに応じた荷重設定法の提示

【目標】

用途に応じた要求性能の種類、要求性能水準に対する標準的な数値の提示をハザードの地域特性を考慮した形で構築する。

【現状分析】

- ・ 官公庁においては、災害応急対策活動に必要な施設等を重要としてその施設に対して荷重を増加させる基準（「官庁施設の総合耐震・対津波計画基準」及び「官庁施設の総合耐震診断・改修基準」）があり、民間施設の設計においても参考とされることがある。
- ・ 重要度を決めた後の耐震設計法については JSCA における枠組み提案がある。
- ・ ただし、現状においては、地震（+津波）以外での検討例があまりなく、また、日本全国を一律に扱っていることから、ハザードの地域性が十分に考慮されていないことが懸念される。

【実施課題】

- ・ 建築主が決める重要度と社会的に要求される重要度に分けて性能の差別化の考え方を整理
- ・ 建物の重要度に関する学会（荷重運営委員会含む）における共通認識の醸成
- ・ 重要度に応じた要求性能の種類の設定とそれに対する要求性能水準（目標信頼性）の素案の作成

(2) 要求性能の種類洗い出し

【目標】

要求性能に応じた設計荷重の設定に資する形で標準的な要求性能の種類を提示する。

【現状分析】

- ・ 我が国では、使用性に対する設計の考え方や具体的なクライテリアに関する共通認識がない。
- ・ 許容応力度設計を前提とした荷重設定が多く、要求性能が達成できているかを確認するためにどのように荷重を設定したらよいか標準的な考え方がない場合が多い。
- ・ 建築物のレジリエンス性能設計による評価法も開発されている。例えば、アラップ社の REDi™ Rating System では、最上級の耐震性能ランク(Platinum)であれば、応急危険度判定の結果が即時再入居可能であり、72 時間以内の機能回復とすることが要件とされている。
- ・ 官庁施設の総合耐震・対津波計画基準では、官庁施設を対象にして、地震災害や津波災害及びこれらに起因する二次災害に対する安全性と保全に関する事項を定めている。地震及び津波による災害時に官庁施設として必要とされる機能の確保を図ることを目的としている。耐震安全性の目標については、特に、災害対策の指揮や災害応急対策活動に必要な官庁施設等については、他の官庁施設に比べ、大地震動に対しても耐震性能に余裕を持たせることを目標としている。
- ・ 2018 年に国土交通省から災害拠点建築物の設計ガイドライン (案)、防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドラインがまとめられた。各自治体における災害応急対策の拠点となる建築物が、被災時でもその機能を継続して発揮できるように、設計時に配慮すべき事項をまとめ、大地震時の防災拠点等となる建築物について、大地震時の安全性及び機能継続性を確保するため、企画・設計・管理の各段階において参考となる事項がまとめられている。

【実施課題】

建築物としての要求性能について、使用性、安全性、修復性、ロバスト性、レジリエンス性など既存の考え方を整理し、どのような荷重・外力の評価がその性能評価として適しているかについてまとめる。

(3) 目標構造性能の決定に資する情報の整理と提供

【目標】

要求性能水準の設定に資する形で、建物の居住者数、用途、損傷時の損失の大きさに関する情報を整理し提供する。

【現状分析】

- ・ ASCE7 では、居住者数、用途、損傷時の損失の大きさに応じてリスクカテゴリーが提示され、リスクカテゴリーに応じた要求性能と要求性能水準を提示している。
- ・ 荷重指針では、建築物の性能水準は、最終的には、構造設計者が責任をもって定めるべきものであること、その際、対象とする荷重状態ごとに建築物の置かれている状況を想定し、建築物の用途を考慮し、各荷重状態に対する建築物の要求状態を明確化する必要があると記載されているが、標準的な性能水準などは提示されていない。

【実施課題】

- ・ 我が国の設計慣行、都市の特徴、社会慣習も踏まえたカテゴリーの考え方を整理する。
- ・ カテゴリーごとの標準的な要求性能と要求性能水準を整理して提示する。

(4) 性能評価法の手順の確立（性能評価法の確立）

【目標】

設計式に留まらない性能評価法の確立

【現状分析】

- ・ 目標信頼性指標を決めた後の荷重耐力係数形式の設計方法についてはほぼ確立しており、建築物荷重指針・同解説等にも記載されている。
- ・ 一方、実務の設計のより細かい部分（例えば、動的解析による耐震性検討をどう位置付けるか等）に対応した考え方がない。
- ・ また、信頼性（破壊確率）の評価自体が難しい荷重・外力に対する性能設計の枠組みについての考え方について統一的な合意がない。

【実施課題】

- ・ 信頼性（破壊確率）の評価自体が難しい荷重・外力も含め、性能設計の枠組みについての標準的な考え方を提示する。
- ・ 荷重・耐力係数設計法による設計だけでなく、許容応力度設計法等で設計した後に、リスク評価を行い性能の確認を行う方法など、荷重や構造物の特性に応じて様々な方法を用いることができるような方法を構築する。

(5) 建築物の損傷・被害と社会に与える影響（直接・間接損失）との対応付け

【目標】

目標性能に基づく設計・評価を行うために、個々の部材において、目標性能と対応した形で限界状態（損傷）を定義する。

【現状分析】

FEMAP-58 では、構造物にとどまらず、非構造要素、機械設備、電気設備などについて、修復の方法（費用、修復期間）、環境負荷、死傷に合わせた形で部材の被害が定義されている。また、実験データに基づく部材フラジリティ曲線が提示され、停止期間等の結果も示している。

【実施課題】

性能設計を実現する上で重要な課題であるが、荷重運営委員会として取り組むべき課題はない。

(6) 要求性能の定義の明確化とクライテリアの設定

【目標】

構造設計で考慮すべき性能（使用性、ロバスト性、レジリエンス性など）の種類と定義を明確化し、建築物の用途ごとに必要となる要求性能を設定する考え方を整理する。さらに、要求性能に対応する形で荷重と変形性能の関係をクライテリアとして整理し、ガイドラインを提案する。

【現状分析】

- ・ 設計者ごとにイメージしている要求性能とクライテリアが異なっている。
- ・ 官公庁においては、災害応急対策活動に必要な施設等を重要としてその施設に対して荷重を増加させる基準（「官庁施設の総合耐震・対津波計画基準」及び「官庁施設の総合耐震診断・改修基準」）があり、民間施設の設計においても参考とされることがある。
- ・ ただし、建築物の重要度について、曖昧な理解に留まり、様々な状況（災害時等）に対する具体的な要求性能に結びついた共通理解が醸成されていない。
- ・ 個々の建物に対する要求性能と都市レベルの防災減災に必要な事項とが必ずしも対応していない。
- ・ ISO や EUROCODE など、国際的な規格・規準に対する各国の採用状況・分布が定まりつつあるが、日本は独自の進化を続けており、ガラパゴス化している。日本の規格・規準（使用性、限界状態など）の国際化を実現する必要がある。東南アジアやアフリカなどの発展途上国が日本の規準類を採用できる道を開く必要がある。
- ・ 使用性は日本の規定状況が海外規準よりもゆるいと思われるため、その数値の妥当性を再考する必要がある。

【実施課題】

使用性に関する検討は次のように実施する

○ 2020 年度

- ・ 建築物の構造設計において、建築物に要求する性能について、ISO や他国の構造設計基準類、国内他分野の最新動向を調査し、要求性能と要求性能水準の形で整理する。
- ・ 各国の規準の状況、ISO やアメリカ、ヨーロッパなどの規格・規準の他国での採用状況を調査する。

○ 2021 年度以降

- ・ 各種荷重・外力に対する設計体系における具体的な要求方法を明確化する。
- ・ 具体的な例題で要求方法の妥当性を確認する。

ロバスト性、レジリエンス性については、都市レベルの災害時の状況を想定した上で、個々の建物の要求性能を用途ごとに整理する。

(7) ハザード間で整合した設計基準の設定

【目標】

様々な限界状態に対する設計基準の大きさに関して望ましい考え方を整理するとともに、ハザード間でバランスのとれたものとなるように検討する。

【現状分析】

自然災害に関しては、荷重の上限はない。これに対し設計では、ある基準レベルを設定しそれに基づき設計が行われる。このレベル設定は、社会の共通認識に基づくことが望ましいが、現実には難しい。またこの他に、機能維持状態や修復可能状態等に対しても設計基準レベルが設定される。各荷重の設計基準レベルは妥当でないものがある。各荷重の設計基準レベルは相互にバランスがとれていない部分がある。建物設計時に各荷重に対して重要度の設定に妥当でない部分がある。

【実施課題】

- ・ 現状の各荷重の設計基準レベルの根拠の整理
- ・ 各荷重の設計基準レベルの相互比較（出現頻度など）
- ・ 荷重の出現頻度と対応した望ましい設計基準レベルの設定
- ・ 設定した設計基準レベルの各荷重間でバランスの確認
- ・ 全体としての安全性を高めるため、各建物の重要度分類の再整理

設計値を越える状況で想定される現象に対するブレインストーミング、F T AやE T Aの試行等を行うことで、荷重指針で設定される荷重を越える荷重が作用した場合の建築物の挙動、周辺の状況について、できる限り過去の災害調査資料等の事実に基づきながら発生しうる事態を予測する。

(8) 荷重組み合わせの考え方の見直し

【目標】

建物の状況に応じた荷重設定（荷重組み合わせを含む）の標準的な考え方を提示する。

【現状分析】

- ・ 荷重指針（2015年版）では、複数の荷重が同時に作用したときの組合せ応力や変形といった「荷重効果の組合せ」が示されている。加えて、地震「後」の豪雪や地震「後」の津波、本震「後」の余震など時間差をもって作用する荷重・外力を考慮することの必要性が指摘されているが、具体的な考え方の提示には至っていない。
- ・ ISO 2394:2015 では、箇条 5.1.2 において「設計・評価において考えるすべての状況（all relevant design/assessment situations）に対して、性能要求を行い、要求を満たしているかどうかを確認しなければならない」と規定しており、性能の確認に先立ち、どのような状況を設計・評価で考えるかを明確にすることを求めている。
- ・ Eurocode においては、要求性能を確認するに先立って、永続的な状況、過渡的な状況、偶発的な状況などの設計の状況を考慮することを要求している。
- ・ 原子力発電所耐震設計技術規定（JEAC 4601-2015）では、通常運転時、異常時、事故時など様々なプラントの状態（運転状態）を想定して、それぞれの状態に対して耐震設計を行うことを要求している。

【実施課題】

- ・ 「ライフサイクルにおける建物の利用状況」と「主に発生頻度の観点から分類する荷重の状況」に分けて、組み合わせの考え方の前提となる具体的な考え方を構築する。
- ・ 荷重・外力の作用するシナリオを分析し、類型化する。
- ・ 要求性能も考慮しながら、荷重・外力を設定する考え方を整理する。

(9) 評価手法の信頼性確保

【目標】

- ・ 荷重評価の元となるデータの妥当性の確認
- ・ 荷重評価の妥当性の確認
- ・ 各種の荷重に対する、応答評価法の妥当性の確認
- ・ 複数の方法がある場合には、使い分けに比較とクライテリアの平準化
- ・ 技術の進歩に伴い、より高度な方法に向かうモチベーションづけ

【現状分析】

- ・ 各評価方法の妥当性確認（V&V）が十分ではない
- ・ 各評価方法の位置づけが明確ではない
- ・ 特に FEM 系の解析では、方法が標準化されておらず、結果がばらつく
- ・ 複数の評価法が適用できる場合でも、クライテリアが不統一のため応答最小なものに向かうことになる
- ・ 設計の高度化に向かうモチベーションが上がっていない

【実施課題】

- ・ 各荷重に対して、適用可能な応答評価法の比較
- ・ 各評価方法の課題整理（どこまでできているか、何が問題かの整理）
- ・ 各評価方法の妥当性確認（V&V）の方法を検討する
- ・ 代表的な問題に対して、各評価方法のクライテリアの平準化
- ・ より高度な方法を使いたくなるしくみづくり
- ・ 感度解析など評価結果と設計判断の質を確保する考え方の整理

(10) 現状の建築物の性能の把握（規制・法規との関連・性能の定量化・現状把握）

【目標】

性能設計法を確立した上で、現行の規制・法規の規定（荷重、クライテリア等）がどのような性能レベルに相当するかを明らかにする。その上で、構造設計で考慮すべき性能の種類に対する水準を明確に示す。

【現状分析】

- ・ JSCA 等の性能設計では建築基準法を最低レベルとして「倒壊、崩壊の防止」と位置付けているが、定量的な把握がなされているわけではない。
- ・ 設計者ごとにイメージしている性能が異なっている。

【実施課題】

現行の規制・法規の規定の性能設計法をベースとしたキャリブレーションを実施する。

- (11) 性能設計ガイドラインの作成、性能設計指針の作成と性能設計の法制度化（性能設計の普及／啓発／浸透）

【目標】

短期目標：「性能設計ガイドライン」の作成

中間目標：「性能設計指針」の作成

最終目標：性能設計の法制度化

【現状分析】

- ・ 日本の現行の設計法のガラパゴス化、グローバルスタンダード（ASCE、Eurocode、など）との不整合。
- ・ 一方で、現行法で耐震設計された建物の耐震性はかなり実証されているため（実際の地震の経験、実大実験、など）、現行法を闇雲に否定するのではなく、上手く整合性を取る。
- ・ グローバル化の戦略がない。

【実施課題】

- ・ 日本の現行の設計法の問題点の抽出、整理。
- ・ 性能設計のメリットの提示（クライアントや社会にとってのメリットの提示、グローバル化の観点からの検討）。
- ・ 性能設計の具体化に向けた準備作業。
 - ① 性能の項目（耐震性能、耐久性能、居住性脳、など）の抽出、整理。
 - ② ①の性能項目について書かれた規準、指針の調査、整理。
 - ③ ①の性能をコントロールする設計変数（パラメータ）の抽出、整理。
 - ④ 上記①～③を一覧表に整理。
- ・ 海外の設計基準、法規の調査、整理、日本の基準法との比較検証。
- ・ グローバル化に向けた戦略の立案、策定。

(12) 要求性能に関する社会のコンセンサスと設計者の責任の明確化（社会との関係／設計者の責任）

【目標】

基本となる建築物の要求性能、要求性能水準について社会のコンセンサスを得られたものを採用する。発注者への性能の説明方法がばらつかないように具体的な指針を示すとともに、設計者の責任を明示する。

【現状分析】

社会が建築の性能に対してどのように認識しているかについては、調査・研究がおこなわれている。

【実施課題】

建築の性能に対する社会の認識に関する既往の調査・研究を包括的に整理し、不足している情報については追加で調査を行う。設計者の責任に関して諸外国も含めた事例を調査する。

(13) 荷重指針の国際化の課題整理、荷重指針の国際化（指針の国際化）

【目標】

- ・ 中間目標：荷重指針等の国際化への課題抽出、整理。
- ・ 最終目標：荷重指針等の国際化、グローバルスタンダード化。

【現状分析】

- ・ 例) 荷重指針の活用範囲が限定されている。
- ・ 例) 荷重指針の活用が国内の一部に限定されている。

【実施課題】

- ・ 荷重指針がより広く用いられるための課題抽出、整理。
- ・ 海外の荷重指針に相当する文献の調査、研究。
- ・ 荷重指針のグローバルな PR 活動。
- ・ 荷重指針のグローバルスタンダード化に向けた戦略の策定（翻訳版の出版のハードルを下げる、など）。

(14) 性能設計に資する荷重指針の出版（指針の在り方）

【目標】

- ・ 各種荷重の横串を通した分析の実施と資料を読者に提供。
- ・ 自然または人為現象としての各荷重の性質をニュートラルに分析して開陳し、構造設計においてどのように位置付けるかの指針となる。
- ・ 構造設計者にとって使いやすい指針の在り方とは何かを分析して近づける。

【現状分析】

法を補完するデータ集として用いられている。

【実施課題】

性能設計の精神の啓発と具体的な方法論の提示。

(15) 災害時における建築物の要求性能の明確化（災害対応施設等）（設計と地域防災）

【目標】

要求性能のひとつである「使用性」について、災害時の要求性能を含む形で再定義し、その荷重設定に関する標準的な考え方を提示する。

【現状分析】

国土交通省から災害拠点建築物の設計ガイドライン（案）、防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドラインが出されている。追補版では、既存建築物を対象としたガイドも提示されている。

【実施課題】

- ・ 「使用性」に関わる用語の再定義。
- ・ 再定義した「使用性」に基づき、重要度の応じた荷重設定枠組みの提示。

(16) 建設地点（評価地点）における重要ハザードの同定法の標準化（設計と地域防災）

【目標】

建設地の特性、建物の用途に応じて、設計・評価で考慮するハザード（荷重・外力）の特定の標準的な考え方を提示する。

【現状分析】

- ・ 荷重指針（2015年版）では、各種荷重の具体的な評価法が提示されているが、サイトにおいて設計で考慮すべき荷重をどのように決定するかという考え方が提示されておらず、設計者の判断に任されている。
- ・ 火山噴火の影響、幹線道路沿いの建物の車の衝突など、敷地の状況に応じて建築基準法で規定されていない荷重・外力を想定することが必要なケースも存在する。
- ・ 日本原子力学会では、外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014が策定されている。

【実施課題】

3.2 荷重評価に係る課題

第2章で設定したマイルストーンとその実現に必要な共通課題と整合する形で個別の荷重評価に係る課題をとりまとめた。詳細を以下に示す。

(1) 繰返し荷重効果の累積評価

【目標】

繰返し荷重の累積評価

【現状分析】

現行の荷重指針における荷重評価は荷重ごとの最大値の評価であるが、疲労損傷などの累積的な荷重は、多くの荷重要因を考慮しなければならない。地震、風、熱応力等で個別に評価されている状況である。

【実施課題】

地震荷重、風荷重、熱応力、その他繰返し発生する荷重に対する建築物構造骨組、部材、外装材の累積効果を評価し、建築物の供用期間に応じた安全性評価方法を明確にする。また、維持管理方法等も合わせて検討し、建築物の長寿命化に対応した構造設計方法を示す。必要に応じて材料分野の委員会と連携する。

- 1年目：各荷重小委員会に繰返し荷重効果 WG を設置、または横断的 WG を設け、現状分析と課題を明確にする。
- 2年目：各荷重の繰返し荷重効果の性質を整理し、荷重の種類による性質の違いを明らかにする。
- 3年目：各荷重の繰返し荷重効果の性質を評価する上での課題の解決。
- 4年目：同上。
- 5年目：その時点での課題や不確定性を明確にしつつ指針案としてまとめる。

各荷重評価小委員会に繰返し荷重評価の WG を設けるまたは横断的 WG を設けるとともに、定期的に合同で議論する場を荷重運営委員会に設定する。

耐風設計資料小委員会には、風疲労 WG（主査：佐藤大樹、幹事：西嶋一欽）が既に設置されており、この WG メンバーからの貢献が期待される。

(2) 固定・積載荷重

【目標】

■最終目標（2035年版）

- 1) 用途の枠組みをはずし、使われ方や積載物の量やどの変動といった荷重の実況から設計用の積載荷重値を算出できる手法を確立する。
- 2) 構造種別による違いを考慮しない荷重評価手法を確立する。
- 3) 使用者・利用者が適用範囲を意識して安全を確保するシステムも提案する。
- 4) 使用者・利用者がコントロール可能な技術対応を想定した評価方法も検討する。
- 5) 再現期間等の概念を整理し、他の荷重との整合ができるものとする。
- 6) 荷重指針と建築基準法の位置づけを明確にする。

■中間目標（2025年版）

上記を目標にできる範囲の作業を実施し、取り組んでいる方向性の成果を公表できるところまで作業を進める（具体的には下記の実施する内容の概要を参照）。

【現状分析】

- ・ 自然外力に基づく荷重と人為的にコントロール可能な積載荷重との概念の整合が困難。
→個人差・用途差が大きく、ばらつきの概念も他の荷重と異なる。
→空間軸で評価する積載荷重と時間軸で評価する自然外力との違いの整理が必要。
- ・ 設計者の利用しやすさを考えて荷重効果による評価をすると、構造種別により確率論に基づく荷重値が異なる。しかし純粋な荷重評価では設計者が使いにくい矛盾がある。
- ・ 構造設計者の意識、行政（建築基準法）の考え、利用者の自己責任等、概念の改革を必要とする部分に距離がある。少なくとも専門家の範囲だけでも距離を縮める努力が必要であるが、手法は不明。

【実施課題】

- ・ 用途の枠組みを無くす評価法の提案
（汎用性を意識したシミュレーションに基づく評価）
 - ・ 積載荷重の種類（人間、家具、緑化、またはその動的効果）の時系列を含むモデル化
 - ・ 使用者・利用者を意識したシステム（視覚化による適用範囲の確認等）
- 「実施する内容の概要」に挙げた三点はここ1、2年で試行錯誤を行う予定である。

(3) 風荷重における CFD の活用

【目標】

風荷重算定において CFD 技術が使われる時代となっている状況をふまえ、ピーク値の評価方法、適用範囲の拡大などにより、新規の性能評価手法を導入することが考えられる。そこで中間目標としては、*CFD 普及時での性能評価の実践方法の課題解明とその確立し、また、最終目標としては、**荷重指針で、性能評価への新規事項の適用方法を明記する。

* 中間目標、** 最終目標

【現状分析】

- ・ 風洞実験技術を中心とした従来型の風荷重推定に関する課題・問題点が残存。
- ・ 高層建物での荷重評価を CFD で行う場合の性能評価資料の作成方法が不確定。
- ・ 現行指針での過去の指針からの改訂の不十分さから生じた不適合項目が存在。

【実施課題】

- ・ 従来型の風荷重推定に関する課題・問題点の整理と不適合項目の処理
- ・ CFD の性能評価資料の雛形の作成
- ・ 新規の荷重テーマとしての突風荷重の機構の解明と、荷重算定法の設定不確定性定量化、および、性能設計への応用
- ・ 外装材荷重評価における新規課題（再現期間の設定、空間フィルタリングによるピーク評価、突風起因のピーク風圧推定、疲労）

2019 年度、以下の WG を設置。

- ・ 不確定性定量化 WG
- ・ 新規外装材荷重評価 WG
- ・ 突風荷重機構解明 WG

2020 年度から 2021 年度、風荷重小委員会を設置し、指針改定への具体的な課題を提示。

2022 年度から 2023 年度、指針での改定内容を具体的に決定。

2024 年以降、改定原案の作成。

- ・ CFD による性能評価の実践方法については、耐風設計資料小委員会を中心に検討し、背景・理念の確立・意義を踏まえながら、実施する。
- ・ 具体的な技術的問題に関しては、関連の WG を発足して対応する。

(4) 風荷重評価の評価方法のアップデート

【目標】

- ・ 風荷重評価法のアップデート
(机上計算、風洞実験、数値流体計算の位置付けを明確に体系づける。)
- ・ 外装材、屋根ふき材に対する十分な設計資料の提供

【現状分析】

現行の荷重指針における風荷重評価は机上計算を主な対象としているが、近年数値流体計算による評価が可能になりつつあり、その手法、手順、結果の評価については、耐風設計資料小委員会（主査：田村哲郎）で検討が進んでいる。机上の計算の一部あるいは全体を数値流体計算や風洞実験で代替する風荷重評価ルートとはどういう構成が望ましいか、その評価技術の理論的背景を明確にしつつ検討する必要がある。

風荷重ではロードパスが地震荷重と異なり、外装材、屋根ふき材の評価が非常に大切である。実被害等を参照して、これらの部位に対する評価法や風圧係数などの資料の充実に努める必要がある。

【実施課題】

- ・ 風荷重評価ルートをその評価技術の理論的背景を明確にしつつ、適切な要素に分割し、風洞実験、数値流体計算等で代替する際の具体的な計算手順、実施方法等を明確にする。
- ・ 外装材、屋根ふき材に対する設計方法を明らかにし、実務的に利用できる資料を作成する。

1年目：風荷重評価ルート、外装材耐風設計法を明確にし、その課題を整理する。

2年目：風荷重評価手順を細分化し、机上計算、風洞実験、数値流体計算等の手法別に対応方法、実施条件を明確にする。外装材設計に必要な資料の確認。

3年目：荷重指針の風荷重評価としてまとめるための課題を明確にする。

4年目：3年目で出された課題に対する検討を進める。

5年目：同上

6年目：荷重指針 2025 の執筆

(5) 雪荷重

【目標】

中間目標：降水量と気温のデータから地上積雪重量を直接求める方法の確立

CFD による屋根形状係数の提案と UAV を用いた検証

屋根伝熱モデルを用いた屋根形状係数の試算

最終目標：屋根形状係数を始め、屋根雪荷重やその他の雪荷重を、数理モデルを用いて理論的に定める

終局限界状態をもたらす屋根雪荷重がどのようなシナリオで発生し得るかを想定し、それぞれのリスクを勘案して荷重を設定する方法の確立（構造設計の視点から最悪荷重を設定して設計する手法の可能性）

【現状分析】

- ・ 中間目標のうち、降水量と気温のデータから地上積雪重量を直接求める方法の確立については、指針でも紹介済みであり、細部の検証を行った上で、指針のメインの手法として採用可能であると考えている。
- ・ CFD による屋根形状係数の提案には UAV による検証が有効であろう。
- ・ UAV を用いた屋根形状係数の検証については、運用可能な研究機関に限られるため、如何にこれを増やしていけるかが鍵となる。
- ・ 最終目標については、北方建築研究所の堤らが屋根への漏熱を試算した例が存在するが、やはり V&V が必須であろう。構造設計の視点からの考察は中島らが行っている。

【実施課題】

- ・ 降水量と気温のデータから地上積雪重量を直接求める方法については、どのような条件で実測値と乖離しがちなのか、高橋の研究室で検証を行っている。
- ・ CFD による建物周りや屋根上の吹溜りの解析は、富永、大風、大槻らが実施している。
- ・ ドローンを用いた屋根形状係数の検証については、北海道科学大学の千葉が複数の建物で検証中。数や種類を如何に増やすかが課題。
- ・ 屋根からの伝熱シミュレーションを実施可能な研究機関で、様々な条件で実施する。

1～5年目： 地上積雪重量を求める方法の検証

CFD による屋根形状係数の試算と UAV を用いた検証

屋根伝熱モデルを用いた屋根形状係数の試算

6～10年目： 数理モデルを用いた屋根形状係数の提案

構造設計の視点から最悪シナリオを想定する

提案されたシナリオに基づくリスクの定量化と指針の策定

(6) 耐震設計法の課題の抽出と提案

【目標】

現状の耐震設計法の課題を抽出し、将来に向けてより適切な方法を提案する。

【現状分析】

- ・ 現行の耐震設計では、主に高さ 60 m 以上の超高層建物が時刻歴応答解析に基づく動的設計を行っている。
- ・ その高さ以下の中高層建物では、許容応力度+保有水平耐力ベースの静的設計を行うのが一般的である。これは動的設計に比して簡便な方法といえる。
- ・ これに対して動的設計では、必要に応じてサイト地震やサイトの地盤基礎の影響を考慮できグレードの高い設計法といえる。
- ・ 中高層建物の中にも防災拠点建物などの重要性が極めて高いものもある。現状では静的設計を用い重要度係数を高めることで対応している。
- ・ このような重要度の高い建物は、グレードの高い設計法である、動的設計を適用していくように提案する。
- ・ 特に荷重指針においては、建物の重要度という概念が希薄であるように感じられる。これについても併せて検討していきたい。すなわち、重要度に応じて設計法を使い分けられるような考え方を入れられないか？

【実施課題】

- ・ 現状の建物で、静的設計を行った場合と、動的設計を行った場合の性状を比較し、両設計法の特徴を調べる。
- ・ 特に静的設計の特徴である A_i 分布や D_s 値の理論的妥当性について明確にする。
- ・ 防災拠点等の重要建物に動的設計を行った場合の、望ましいクライテリア（基準）を検討する。
- ・ いくつかの重要建物を設定し、静的設計した場合の構造断面で動的設計を行った場合にどのような対応となるかを検討する。

(7) 地震荷重設定における確率論的地震ハザード評価の活用

【目標】

建築物の耐震設計において確率論的地震ハザード評価を活用しての地震荷重の設定を行う体系を実現する。

【現状分析】

- ・ 実務設計におけるシナリオ地震による設計は、地震動予測と切り離して考えることができない不確かさをどのように扱うのかという観点がやや欠けている。
- ・ 地震調査研究推進本部において、応答スペクトルに対する確率論的地震ハザード評価の検討が進められており、近い将来に公開される予定である。
- ・ 米国 ASCE-7 においては、50 年間の倒壊確率を 1%とすることを目標とした耐震設計法が構築されている。
- ・ 建築基準法の地域係数については、近年の地震に関する最新知見が反映されておらず、それらの知見を踏まえて、再検討が必要であると広く認識されている。
- ・ 我が国においては、確率値の扱いに関するコンセンサスが醸成されておらず、確率論的地震ハザード評価に含まれる有益な情報が、地震荷重の設定に適切に活用されていない。

【実施課題】

現状の耐震設計で考慮されている事項について、確率論的地震ハザード評価として考慮ができるものについてはその方法として整理し、できないものについても明らかにし、決定論的手法などで補完する統合的な方法を整理する。

(8) 耐震設計における FEM の活用

【目標】

中間目標：性能設計を行う上で最も妥当な手法と考えられる動的解析の標準化（地盤を含めたフルモデルの FEM 解析を用いるのか、簡略的な方法を考案するのか、など）。

最終目標：性能設計を行うための具体的な設計手法の提示。

【現状分析】

- ・ 特に低層建物の動的解析の手法やパラメータの設定が確立されていない（標準的な手法がない、地盤と建物の相互作用、入力地震動や減衰等の不確定な問題の解決）。

【実施課題】

- ・ 動的解析の課題の抽出（地盤を含めたフルモデルの FEM 解析結果、質点系モデルなどの簡易な応答解析結果、モニタリングによる実際の観測結果、などの比較検証）。
- ・ 動的解析の課題に対する解決方法の提案（特に低層建物の場合）。

(9) 積灰荷重等火山噴火に伴う荷重

【目標】

中間目標：建築物の性能が評価できる形で積灰荷重の設定の考え方（評価が不要となる場合の考え方も含む）をまとめる。

最終目標：積灰荷重に対する性能設計の確立。

【現状分析】

- ・ 建築学会では「火山災害対策特別調査委員会」を設置し、用語の定義、ハザード・リスクに関する考え方、具体的対策事例などを報告書としてまとめた（2018年3月）。
- ・ 文部科学省の次世代火山研究・人材育成プロジェクト等において、確率論的な噴火ハザード評価に関する研究開発が行われている。
- ・ 原子力発電所においては、火山灰に対する規制要求が設けられ、評価や対策が行われている。
- ・ 荷重運営委員会雪荷重小委員会のもとに、建築物の火山作用検討WGが設置され、建築物に対する荷重を含めた影響評価に関する検討がはじまった。

【実施課題】

- ・ 用語の定義
- ・ 要求性能と考慮する作用の明確化
- ・ 各種データの整理
- ・ 評価法の確立

(10) 津波荷重・氾濫流荷重・土砂荷重

【目標】

中間目標：

- ・ 津波先端部における衝撃荷重が建物応答に与える影響について整理する。
- ・ 津波非先端部の作用荷重を標高や粗度等により評価する方法を提案する。
- ・ 流体解析や水理実験等において津波荷重を評価する方法の一般化する。
- ・ 自治体における津波避難ビル指定における課題や問題を抽出する。
- ・ 既往の土砂荷重算定式の精度を建物実被害で検証する。

最終目標：

- ・ 浸水深および流速の時刻歴データを用いた性能評価型設計の実現。
- ・ 自治体における普及・活用促進を目指した簡易基準の策定。
- ・ 防潮堤あるいは地表面粗度等による津波波力低減効果の定量化。
- ・ 津波先端部の段波波力が建物の応答や損傷に与える影響について整理する。
- ・ 漂流物の衝突荷重と被衝突部材の安全性の確認方法の確立。
- ・ 建築物に作用する浮力に影響する周辺地盤洗堀状況の推定手法。
- ・ 津波荷重と同様に河川からの氾濫流荷重についても式の適用範囲を拡大する。
- ・ 建築物に作用する土砂荷重の算定方法の提案。

【現状分析】

- ・ 構造計算に基づいて検討された津波避難ビルがそもそも少ない。
- ・ 浸水深のみを用いた現行告示による津波荷重設定は流速を過大に評価している。
- ・ 荷重指針において設計用流速を用いた津波荷重算定法を提示した。
- ・ 設計用流速の計算方法については明示されていない。
- ・ 米国（ASCE）等の基準では非先端部に作用する津波荷重を基本とし、先端部の衝撃荷重については割り増し係数を与えて評価する方法を提案している。
- ・ 土砂災害警戒区域については土砂荷重に対して安全な構造方法が告示で示されている。
- ・ 氾濫流荷重や土砂荷重については事前に避難が可能な災害か荷重に対して建築物を設計する必要があるのか整理する必要がある。

【実施課題】

- ・ 最新の研究的知見や海外規基準における津波荷重算定法を取り入れる方法の検討。
- ・ 建物模型の水理実験結果における流体力に関する数値シミュレーションの高精度化。
- ・ 流体解析・水理実験による波力低減効果検証方法の共通事項の整理。
- ・ 津波遡上解析における流速頻度分布の例示。
- ・ 自治体での避難ビル指定状況に関するヒアリング。

(11) 建物の対火災設計に対する試設計とコードキャリブレーション

【目標】

雪、風、地震、津波、温度、衝撃荷重などの荷重と同じ枠組みで対火災設計の高温度荷重の設定法を構築する。

【現状分析】

火災に対する設計の枠組みと他の荷重に対する設計の枠組みが横並びで理解することが難しい。

【実施課題】

建築物荷重指針・同解説の考え方を参考に、現行の耐火設計指針や法規（告示）を用いて建物を試設計し、コードキャリブレーションを行う。最終的には、雪、風、地震、津波、温度、衝撃荷重などと同じく、構造物に対する高温度荷重（火災）として荷重指針の枠組み内に纏める。

4. まとめ

性能設計の基本は多様な要求性能の明確化とその具体化である。性能設計の有用性を実務へ浸透させるには、要求性能の差別化の意義や効用、要求性能を差別化するために必要なリスク情報の活用の具体的な考え方が広く浸透する必要がある。また、本ロードマップに記載された具体的課題について、それぞれの立場において検討が進められることが必要である。本ロードマップの提示が、建築学会内外において、構造物に対する性能に対する議論を深化し実効ある性能設計を実現するための議論が始まる機会となり、建築物の性能設計法・評価法の検討において様々な場面で活用されることを期待する。

荷重運営委員会 委員名簿 (2021年3月当時)

主査 高橋 徹
幹事 喜々津 仁密
幹事 小檜山 雅之
幹事 久木 章江
浅井 竜也
新井 洋
池田 周英
石井 透
石川 孝重
糸井 達哉
太田 博章
壁谷澤 寿一
神田 順
日下 彰宏
小久保 彰
佐武 直紀
高田 毅士
谷口 徹郎
田村 哲郎
堤 拓哉
中島 肇
中島 秀雄
中村 尚弘
濱本 卓司
平田 京子
松井 正宏
森 保宏

荷重運営委員会 委員名簿 (2023年7月当時)

主査	森	保宏
幹事	壁谷	澤寿一
幹事	日下	彰宏
幹事	久木	章江
	浅井	竜也
	池田	周英
	石井	透
	石川	孝重
	糸井	達哉
	太田	博章
	神田	順
	喜々	津仁密
	小久保	彰
	小檜山	雅之
	佐武	直紀
	鈴木比呂子	
	高田	毅士
	高橋	徹
	谷口	徹郎
	田村	哲郎
	堤	拓哉
	中島	肇
	中島	秀雄
	中村	尚弘
	濱本	卓司
	平田	京子
	松井	正宏

構造設計法検討荷重 WG 委員名簿 (2020年3月当時)

主査 高田 毅士
幹事 糸井 達哉
幹事 森 保宏
池田 周英
奥田 泰雄
喜々津仁密
小檜山雅之
高橋 徹
中村 尚弘
中島 秀雄
西嶋 一欽
久木 章江
平田 京子
松井 正宏