

「多様な建築物への耐震レジリエンス性能指向型設計の適用に向けた研究」

（令和7年度～令和9年度）評価書（事前）

令和7年2月20日（木）

建築研究所研究評価委員会

構造分科会長 田才 晃

1. 研究課題の概要

（1）背景及び目的・必要性

人口減少・高齢化・未使用既存住宅（空き屋）が顕著化する昨今、地域の活力を維持しながら生活機能を確認し、高齢者が安心して暮らせるよう地域公共交通と連携したコンパクトに集約された都市形成の促進が近年強く求められている。そのような集約化された高機能な都市が巨大災害を受け、当該都市機能の一時的な停止が我が国の経済活動に与える影響は計り知れない。こういった将来求められている高機能な都市の地震後継続使用という観点において、例えば、再開発によって新たに建設される建築物や現在既に使用されている既存建築物が保有すべき耐震性能は明示されていない。そのような中、建築研究所においては、1995年の新構造総プロで示された方向性に基づき、2006年以降、「地震後の機能維持・早期回復」、「地震後の継続使用性確保」に資する耐震設計手法に関する検討を行い、個別の建築物の耐震性能評価法を提示している。また近年、日本建築学会特別調査委員会において耐震レジリエンス性能が議論され、建物性能の低下と復旧時間を指標とした検討が行われ、その結果が2020年に報告書として取りまとめられている。

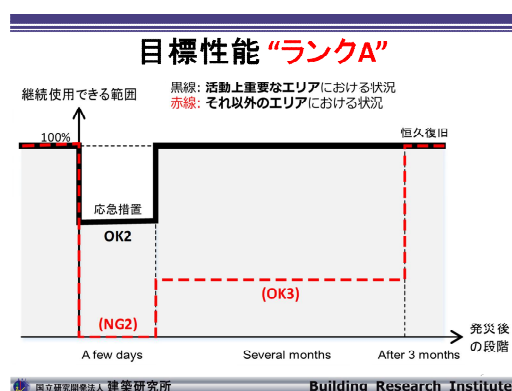


図 継続使用性確保のための要求性能
(2017, 建築研究所)

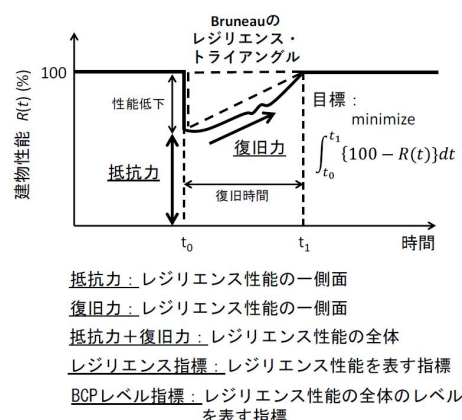


図 建物のレジリエンス性能指標等の概念
(2020, 日本建築学会)

前指定課題「建築物の耐震レジリエンス性能指向型設計・評価手法に関する研究」（令和4～6年度）では、新築の鉄筋コンクリート造、鉄骨造、木造を対象に、地震後の耐震安全性と復旧性に着目し、耐震性能残存率や修復時間率等の指標を用いて、耐震レジリエンス性能の評価を行う手法を提示し、それぞれ共同住宅、事務所ビル、戸建住宅を対象とした算定例を示している。また、建築物の被害状況を把握し、迅速な復旧を行うための評価技術として、加速度センサや点群データを用いた判定手法に関する検討を実施し、被災判定結果を収集するサーバの運用に向けた検討や、被災判定を目的とした観測機器類の庁舎等への整備、3D点群によるレーザースキャナを用いた損傷評価手法の普及に向けた検討等を実施している。

設計者が「耐震レジリエンス性能」を用いた評価を行うことで、地震時の被害状況を事前に予測し、損傷の程度や修復の可否を判断すると共に、被害を低減するための対策の検討（個別建物に対するものだけでなく、幅広い建築物に適用できるものも含む）を実施することで、建築物の所有者やユーザーのニーズにあった質の高い建築物の実現や普及が期待される。

(2) 研究開発の概要

本研究課題では、現行基準で許容される損傷軽減等により建築物のレジリエンス性を高めた建築物の推進を目的とし、耐震レジリエンス性能として地震後の耐震安全性と復旧性を考慮した建築物の設計手法の構築に向けて、以下の項目を検討する。

1. 建築物の耐震レジリエンス性能の普及に向けた算定手法の提示
2. 建築物の耐震レジリエンス性能の算定に必要なとなる評価技術の開発

(3) 達成すべき目標

以下のアウトプットを具体の目標とする

- ① 建築物の耐震レジリエンス性能の算定手法に関する技術資料を作成する
- ② 耐震レジリエンス性能の確保した建築物の設計・評価に関する技術資料を作成する

(4) 令和7～9年度の研究計画

研究テーマ1：建築物の耐震レジリエンス性能の普及に向けた算定手法の提示

今後新築される建築物に耐震レジリエンス性能の考え方を幅広く適用することを想定し、前課題で、部材の損傷・修復データの収集を行った引張ブレース構造（鉄骨造の体育館等）やCLT構造（木造の事務所等）に加え、損傷低減要素としてダンパー、方立壁等を付与したフレーム構造（鉄筋コンクリート造の共同住宅の桁行方向）、鉄筋コンクリートとCLTを組み合わせた混構造建物等について、地震後の耐震安全性および復旧性に基づく耐震レジリエンス性能の評価手法を提示し、異なる構造間で共通の考え方が適用できるかどうか検証する。また、時刻歴応答解析によらない計算方法など、一般の設計者が耐震レジリエンス性能の試算を容易に行えるように、評価手法や設計ツール等を整理する。

研究テーマ2：建築物の耐震レジリエンス性能の算定に必要なとなる評価技術の開発

1) 想定建物を対象とした耐震レジリエンス性能の評価に向けた検討

研究テーマ1で選定した想定建物のうち、地震後の耐震安全性および復旧性を評価する際に必要となる部材の変形、損傷量、修復時間の算出に必要なとなる情報を収集すると共に、損傷量や修復時間の低減に寄与でき、耐震レジリエンス性能の向上に寄与できる技術の開発や整理を行う。構造実験や数値解析に基づいた検討を行うが、各構造で重点的に実験研究を実施する年度が重ならないように工夫すると共に、他の研究機関との連携や外部予算等も活用して、必要となる技術開発を実施し、検討結果を踏まえた想定建物の耐震レジリエンス性能の試算例を提示する。

また、鉄筋コンクリートの建築物については、令和6年に発生した能登半島地震において、上部構造の損傷が軽微であるにも関わらず、基礎構造が原因の沈下や傾斜が生じ、継続使用できなくなった建築物が散見されていることから、耐震レジリエンス性能を評価する際の前提となる基礎構造に過大な損傷が生じないことを確認するための設計手法の検証を行う。

2) 耐震レジリエンス性能の確保、評価に資する被災判定手法の検討

建築物の被災判定を実施する技術の普及に向けた検討として、加速度センサを用いた建築物の地震後の継続使用性の判断や損傷部位等の状況把握を行うための技術の高度化（観測データ等を用いた耐震レジリエンス性能の評価手法の妥当性検証も含む）、被災判定結果を建物管理者や自治体等と共有し、災害対応に活用する仕組みの構築（日本建築防災協会や東京都と連携）を進める。なお、上記の検討には、PRISM 課題「デジタルデータを活用した建築物の被災判定による迅速な復旧促進」（平成30～令和4年度）で構築された建築物の観測情報をサーバ上に収集するシステム（応急危険度判定を目的としたSHMサーバ、波形データ等の収集を目的としたOBSサーバ）を用いる。

2. 研究評価委員会（分科会）の所見

（１）研究開発の「目的・必要性」は十分に説明されているか。

- ・「目的・必要性」の骨子は、説明されている。
- ・構造分野における特に耐震設計において時世によって要求される社会的ニーズに対応する課題として継続的に実施すべきものである。各構造の研究者が一体となって課題に取り組めるよう所内で調整した結果も伺え、研究開発の計画も具体化されており問題はない。
- ・「耐震レジリエンス性能」を用いた評価を行うことで、地震時の被害状況を事前に予測し、損傷の程度や修復の可否を判断すると共に、被害を低減するための対策の検討を実施することを目的とし、建築物の所有者のニーズにあった質の高い建築物の実現や普及が期待される。
- ・耐震レジリエンス性能の評価技術を、多様な建物に展開することの意義と必要性が説明されています。

（２）研究開発の「具体的成果」は適切に立案されているか。

- ・２つのサブテーマを掲げ、それぞれの「具体的計画」は项目的に立案されている。
- ・追加された研究課題は評価ツールの作成、基礎構造などであり、今後必要となる研究課題やこれまで不足して部分であって適切に立案されている。
- ・研究テーマ１：建築物の耐震レジリエンス性能の普及に向けた算定手法の提示、研究テーマ２：建築物の耐震レジリエンス性能の算定に必要な評価技術の開発 を課題として設定し、各々目標達成に向けて方針が掲げられている。
- ・具体的計画が立案されていると判断されます。基礎構造の設計との関係をどのように扱うかについては、方針の整理が必要と思われます（所見①）。

（３）研究開発の「体制」は適切に計画されているか。

- ・大学等他機関との連携も含め「体制」は計画されているが、相互の関連が見えにくい（所見②）。
- ・追加された研究課題に応じた体制が整備されており、適切な計画と判断される。
- ・課題に応じた体制が計画されている。（国総研、大学、民間企業（JSCA 等）、日本建築防災協会、産総研、JAXA、国際航業、東京都、静岡県等）
- ・成果の展開も見据えた外部機関との連携が図られています。

（４）以下の観点から見て建築研究所に相応しい研究開発課題と認められるか。

- ①本研究開発の独自性・新規性
- ②他機関では必ずしも実施されない又は他機関との重複が無いこと
- ③国の行政施策の立案や技術基準の作成又は国際地震工学研修の実施に資すること
- ・①、②、③を緩やかに満たしていると思われる。総合的・組織的な開発研究という点で、建築研究所に相応しい「開発研究課題」と認められる。
- ・本研究課題は設計法や評価法の枠組みをつくり、さらに各種構造に応じて評価事例や特殊性などを考慮して実施するものである。枠組みづくりは国の行政施策に直結し、各種構造が共通認識を持ち、同じ方向性で議論を重ねることは建築研究所でなければできず、相応しい研究開発課題である。
- ・本研究は、「地震や火災等の災害が発生した後の迅速な復興・復旧に資するよう、建築物被害調査の高度化を図るとともに、建築物の継続使用性を確保する」の実現に向けた研究開発であり、建築研究所に相応しい研究開発課題である。
- ・耐震レジリエンス性能の具体的な評価手法の提案には独自性があり、その普及に向けた研究開発活動は、建築研究所に相応しいと思われます。

（５）「目標とする成果」及び「成果の活用方法」は適切に設定されているか。

- ・「目標とする成果」および「成果の活用方法」はやや不十分ながら設定はされている（所見③）。
- ・これまで建築研究所が総プロなどで実施して得られた成果を社会的背景に応じて、いわばバージョンアップした成果や活用方法となっており、適切である。
- ・以下を成果の活用方法として適切に設定している。

1. 建築物の耐震レジリエンス性能の評価や比較を行うための技術資料を設計者に提供

2. 被災度区分判定基準や品確法の性能表示において活用できる枠組みの提示

- ・適切に設定されていると判断されます。

(6) 総合所見

- ・前指定課題の開発研究を前進させ、応用範囲の拡大を意図した計画はよろしいかと思いますが、計画書は開始号砲前のウォーミングアップ的な印象です。計画の更なる具体化、精緻化を期待します（所見④）。

データベースの検討が再起動するようですが、そちらとの連携はお考えでしょうか（所見⑤）。連携が良いかどうかは現時点では見えませんが。

応用範囲の拡大について、免震構造は扱わないのですか（所見⑥）。RC系の免震では、L2地震に対するクライテリアはほぼ例外なく弾性限度内ですので、極稀地震に対する耐震レジリエンス性能指標は、間違いなく及第点となりましょう。

- ・地震国である日本にとって、耐震レジリエンス性能を定量的に把握することは重要な課題であり、有益である。以下のアウトプットが耐震レジリエンス性能を有する質の高い建築物の実現や普及に貢献する。

1. 建築物の耐震レジリエンス性能の算定手法に関する技術資料を作成する

2. 耐震レジリエンス性能の確保した建築物の設計・評価に関する技術資料を作成する

- ・耐震性と修復性を組合わせた具体的な耐震レジリエンスの評価指標を従来の研究で提案されてことは、大変有用な成果と考えます。本研究により、様々な構造形式や建物用途に対して体系的に展開していくことを期待します（所見⑦）。

地震後の早期復旧・機能維持の性能を修復時間で評価することは有用ですが、材料調達や工事の実施容易性等、サプライチェーン全体の評価も今後必要になってくると思われます（所見⑧）。

本研究は新設建物の耐震レジリエンスの評価法ですが、早期復旧を可能にする構造形式の選定にも繋がることを期待します（所見⑨）。更に、既存建物のリニューアルを対象とした耐震レジリエンス向上へも展開することを期待します（所見⑩）。

(参考) 建築研究所としての対応内容

- ・所見①への対応（レジリエンスにおける基礎の扱い）

基礎構造については、新たな設計手法を検討するというだけでなく、現在学会指針等で示された設計手法について、建築物の耐震レジリエンス性能の確保の観点での採用可否を整理することを想定しています。今後の資料作成等において配慮します。

- ・所見②、③、④への対応（課題設定・研究計画の明確化）

ご意見を踏まえ、前課題でいただいたご指摘や上記所見①等にも配慮した研究課題の設定と、説明資料における検討内容の一層の明確化・具体化を行います。

- ・所見⑤への対応（RC実験データベースとの連携）

ご質問を頂きました既存RC部材の実験データベースの検討については、国際地震工学センターの新規の一般課題での実施を予定しております。同データベースの検討では構造性能を主対象とするため、損傷や修復を取り扱う本課題との連携は今のところ想定しておりませんが、データベースの公開やWEBプログラムを用いた建築物の応答や損傷の評価に関しては、同課題と連携して検討を進める予定です。

- ・所見⑥、⑦、⑩への対応（適用種別の拡大）

免震に関しては、本研究課題では直接対象としていませんが、耐震レジリエンス性能を「耐震性能残存率」や「修復時間率」といった指標に基づく体系として今後整理する中で、免震構造は比較的容易に、またその他の今回扱わなかった構造形式や用途についても同様に位置付けられると考えています。

- ・所見⑧への対応（構造性能以外の観点）

サプライチェーンや復旧費用については、検討時期により大きく変動することが考えられたため、今回の指標には直接取り入れていません。これらは「修復時間率」に対する追加要素として、検討時点に

おける状況に基づき建築主や設計者が別途検討することを想定しています。

・ 所見⑨への対応（今後の活用）

部材だけでなく構造形式の選定にも活用できる形での拡充に努めたいと考えています。

3. 評価結果

■ A 研究開発課題として、提案の内容に沿って実施すべきである。

~~□ B 研究開発課題として、内容を一部修正のうえ実施すべきである。~~

~~□ C 研究開発課題として、実施すべきでない。~~