

第5編 全体のまとめ

本報告書は、(独)建築研究所が実施した研究プロジェクト「災害後の建築物の機能維持・早期回復を目指した構造的評価システムの開発 (平成 19-21 年度)」において得られた成果を各編にて取り纏めた。各編の概要を以下に示す。

第1編 機能継続性を考慮した構造的評価システム -背景と概要-

本研究プロジェクトの背景と実施した検討項目の概要について示した。この研究プロジェクトにおいては、図1下図の評価システムに示す、「新たな耐震設計の枠組み」、「データベース」、及び「性能表示資料の作成」に着目した検討を行った。これらの検討に当たっては、構造部材だけでなく、非構造部材や設備機器、什器を評価対象として地震災害後におけるそれらの状況を予測し、そこから、建築物の機能がどの程度阻害され、業務や生活の困窮度がどの程度になるか（機能喪失のシナリオ）にも着目した。また、建築物のオーナーやユーザーが重視する諸観点（企業の事業継続性や社会的責任、住宅の機能維持等）を積極的に耐震性能の評価尺度に導入できるように、地震後の建築物の修復費用や時間（機能回復のシナリオ）も考慮した。さらに、評価者である構造設計者・技術者にとって実施可能な評価システムであることに加え、一般の方々が被災後の状態を理解できる構造的な明快かつリアリティのある表示手段を提供することを念頭に置いて、工学的な検討ができるような共通の考え方や工学情報の整理を行い、また、建築物のオーナーやユーザーに提供すべき有用な情報の伝達ツールやコンテンツについて検討を行った。



図1 本研究課題において検討した新たな構造的評価システムの全体像

第2編 機能継続性を考慮した構造性能評価システムに資するデータベースの構築

本編では、第1編に示された新たな構造性能評価システムに資するデータベースの構築に関する検討を行った。本編における検討の目的は、第1編で示された新たな構造性能評価システムフローに資するデータベース（以降DB）構築することで、地震後の建築物のシナリオを作成するための必要な情報を評価者に提供し、ここでの各性能評価を円滑に行うことである。具体的には、地震後の応答に基づく損傷状態の根拠となるDB（損傷評価DB）、各部位の機能性の低下による地震後発生する不具合事象の根拠となるDB（機能性評価DB）、そしてその機能性低下を回復させるために必要な修復にかかる費用および時間（それらに対応する指標）算定の根拠となるDB（修復性評価DB）をそれぞれ構築する必要がある。ここでは、これらのDBの汎用性を考慮し、建築物の各部位ごとに表示することとした。

部位毎にDBを構築するためこれらの整備には膨大なデータ数を必要とする。現時点で全てのデータを網羅的に収集することは不可能であるが、本手法精度の向上を目指す場合は、今後もデータ収集は不可欠であり長期的な課題である。一方、本課題においてはDBに必要な項目を明らかにし、かつそのデータの根拠を明確にしたDBの構築を目下の目標とする。具体的には、DBのフォーマット(評価項目)を定め、そのフォーマットに従ったデータ収集を試みることでDBの整備方法を示すことである。

上記の特性を有するDB構築に関して以下に得られた知見を示す。

1. 損傷・修復性・機能性評価で必要とされる項目およびそれらの項目の関係性を纏めた。具体的に、データベースを構築する際の根拠となるデータ集を「ワークシート」、それらワークシートを取り纏めたものがデータベースである。
2. 各部位（構造部材、非構造部材、設備機器、什器）を対象として、各評価（損傷・修復性・機能性評価）用DBのフォーマット（評価項目）を示した。またそれらに既往の研究やアンケート等に基づき、特に3編で必要とされる建築物の部位を優先してデータの収集を行った。ただし、各DBの値は現時点での収集したデータの結果から得られる値であり、今後実施される研究等によって高精度のデータに更新されることが期待される。
3. ここで構築した損傷評価DBフォーマットに基づき、実大実験を計画・実施し、主に構造部材、非構造部材、設備機器（配管類を含む）の損傷評価に必要なデータの収集を行い、データ収集の過程を明らかにした。
4. 修復性評価DBを用いた修復費用・時間の算定の基本方針を纏めた。本DBを用いて算定される値は、多様な状況が予想される地震後の実際の修復費用・修復時間の積算に直接適用することはできないことに注意が必要である。
5. 地震後における建築物のシナリオ構築までの評価過程を例示した。このように本DBから得られる各部位のデータを統合することで、建築物の地震後のシナリオを表示することに資することが期待される。

また、今後の課題として、本評価手法が広く利用されるために、各部位のデータ（特にワークシート）を広範に収集する仕組み（データの維持体制を含む）が必要である。

第3編 機能継続性を考慮した構造性能評価システムを用いた評価事例

本編では、第1編に示した通り、機能性を考慮した構造性能評価システムフローの構築とそのフローを用いた評価を実施した。具体的には、「8階建てSRC造病院」「12階建てS造事務所」「13階建てRC造集合住宅」を対象に、大地震を想定して弾塑性地震応答解析を行い、求めた応答値を用いて、第2編で得られたデータベースに基づき、建築物の損傷状態を推定した。さらには各部材の損傷状態を基に、比較的簡易な方法で修復費用・修復期間の試評価を行った。以下に得られた知見と今後の課題を示す。

1) 修復費用・修復期間

ここで示した手法（第2編で構築されたDBを利用した手法）による場合は、既往実験の残留ひび割れ量そのものをデータベースの値から算定を行った。全修復費用に対する躯体のひび割れ補修費の占める割合が80%~90%と高く、地震後に補修対象となる残留ひび割れの量の評価により、全体修復費が大きく左右されることを示している。

2) 損傷状態の総合評価

地震被害（大破）および（中破）の2波の地震応答解析により得られた躯体および内装関連、設備関連の被害度を推測し、修復費用・修復期間の算定を行った。

いずれの場合も、検討対象建築物に準用できるDBを利用した結果、概ね妥当な費用と期間が得られていることから、今後もこのようなDBの活用による判断が有効な予測手段として機能することが期待できる。

ただし、今回も住宅の住人が個別に持ち込んだ什器などは考慮しておらず、実際の被害とは若干異なることを留意すべきである。また、DBが全ての部位に完全に適合する状況ではないため、今後、DBの充実によりこれまで以上に高い精度でBCPに関する修復費用・修復期間が算出できるものと考えられる。

第4編 機能継続性を考慮した構造性能評価システムを用いた構造性能表示手法に関する検討

本編では、第1編に示した通り、新たな構造性能評価システムで用いる構造性能表示手法の検討を行った。具体的には、地震による建築物の機能性への影響に関する検討を表に整理するとともに、それらを一般市民に理解される説明方法・表現方法の検討を行った。方法としては、被災シナリオをストーリー性のある文章にする方法や、図や写真・ポンチ絵などを多く入れた冊子とする方法、インターネット上でインタラクティブに操作できるWeb教材にする方法など、様々な試みを行った。

具体的には、「集合住宅」、「病院」、「事務所」の3つの異なる用途の建築物について、第3編にて実施された地震応答解析結果と物理的被害を参考に、地震時の建築物の物理的被害が建築物の機能性に及ぼす影響を分かりやすく説明する方法を検討した。

集合住宅では、建築物の機能として生活の維持が重要であることから、地震直後の居室の状況や避難の様子、生活困窮などについて、Web上でマウスを操作しながら部屋の被害状況を見ることができ教材を作成した。部屋ごとに、被災状況をポンチ絵で示し、同時に写真や文章などの関連資料にアクセスできるような仕組みを構築した。

病院では、建築物の機能として医療活動が重要であることから、被災状況とそれが医療活動に与える影響について、ポンチ絵や説明文章・実際の被害写真などを盛り込んだ冊子を作成した。

事務所では、「学会事務局」「会議室」「ホール」「貸事務所」「店舗」「エレベータ」「トイレ」

など、様々なシチュエーションで起こると考えられる被災状況と、それが人・物・情報・機能に与える影響をシナリオ形式にまとめた。

今後の展望としては、図2に示す長期課題を順次解明していくことが必要である。それらは各所で行われる実験の結果とそこから得られる知見をデータベース化し、総合化して評価していくといった膨大な作業をとまなうが、構造性能から生活・機能支障に至る各フェーズを解明していくことにより、建築主にとって最も分かりやすい形で生活・執務をどのくらい守ることができるのかなど、明確に資料化することができる。当然のことながらこれらの資料は、建築主や市民ばかりに有益ではなく、何よりも設計者が性能設定時にこれらの点について客観的な根拠に基づき判断できるようになることに大きな意義がある。その結果、アカウントビリティ（説明責任）を果すことができるなどのメリットにもつながる。

これら膨大な研究は、地震大国である日本において明らかにすべき重要なテーマであり、従来のように専門家や行政だけが建築物の安全性を考えるのではなく、建築主も建設時点で生活や執務の面から性能を理解し、性能設定に参画することが可能になるという点において、画期的なシステムとなりうる可能性を秘めている。

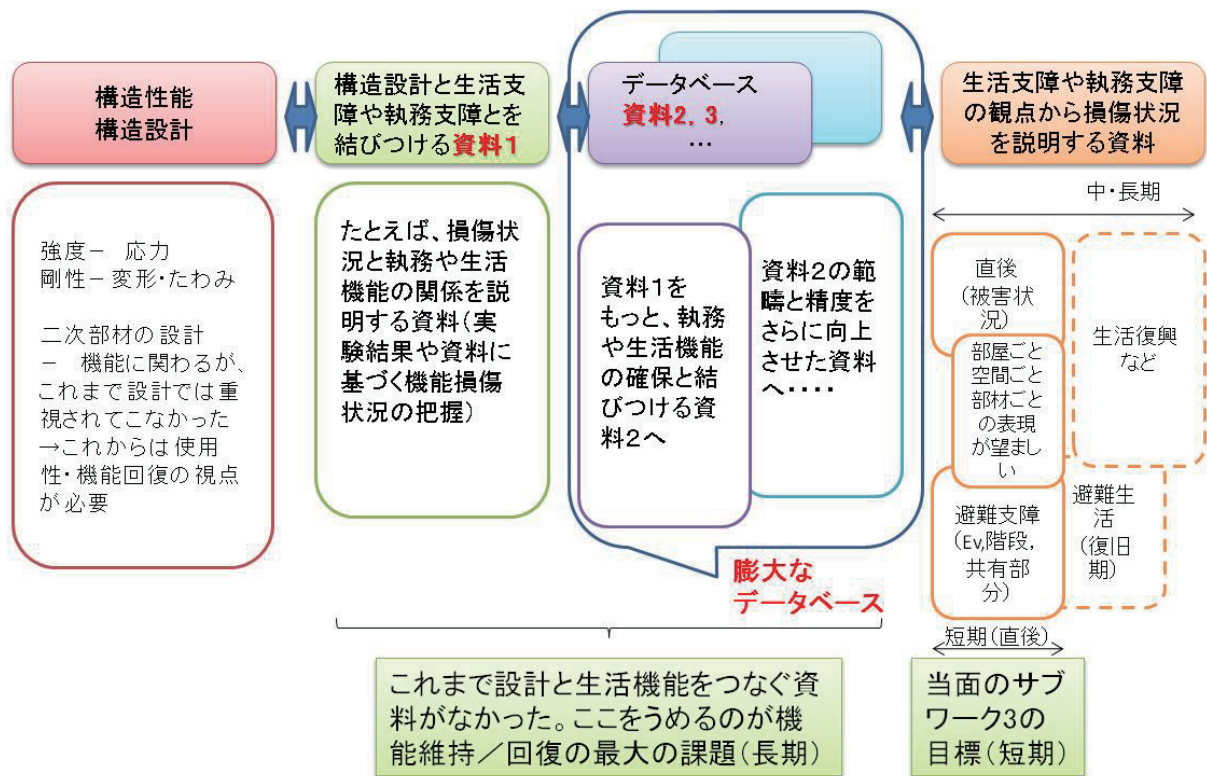


図2 機能維持・早期回復を重視した構造設計へのロードマップ