

災害後の建築物の機能維持・早期回復を目指した構造性能評価システムの開発

森田 高市、向井 智久、福山 洋、齊藤 大樹、加藤 博人、脇山 善夫

I. はじめに

近年、国内では比較的大きな地震が発生し、地震後に各用途の建築物がそれぞれの機能を維持するための十分な耐震性能を有しているか否か問われる機会が増えている。そのような背景を踏まえ、今後の構造設計では、従来の構造躯体の耐震余裕度の評価だけでなく、地震発生後の機能維持や早期回復に関する非構造部材や設備機器を含めた総合的な評価が必要になると考えられる。以上の背景を踏まえ本研究では、ユーザニーズに対応できる災害後の建築物の機能維持・早期回復を目指した新たな構造性能評価システムの開発に関する研究を実施したため、その概要を紹介する。

II. 新たな耐震性能評価システムの体系

図1に本研究課題で構築した「構造性能評価システムのフロー」を示す。本フローは下記に示す(1)～(7)の項目からなる。

(1) 応答値の推定

機能継続性の評価に用いる構造計算方法は、時刻歴応答解析や限界耐力計算などの比較的精緻な方法に因ることとし、変位や加速度といった各層の応答値が工学量として得られるものとする。また、応答値が設計目標である限界値を上回らないことも既に検証済みであるものとする。ここまででは従来の構造設計の範囲である。

従来の構造計算（例えば、限界耐力計算）

- 目標水準の設定（「外力の大きさ」と「状態」のセットで設定）
- 応答評価（モデル化、構造解析）

(1) 「応答値」（変位・速度・加速度） < 限界値



(2) 構造部材・非構造部材・設備・什器の「損傷状態」



(3) 構造部材・非構造部材・設備・什器の「機能影響」



(6) ライフラインの情報

(7) 「生活困窮度」「業務困難度」

(4) 機能回復のための修復方法

機能喪失シナリオ

機能回復シナリオ

生活困窮度・業務困難度評価

(5) 修復費用 + 修復期間

(2) 損傷状態の推定

層の応答値から、構造部材、非構造部材、設備、什器等の応答値を求め、さらにそれらの損傷状態を推定する。これを行うためには、各要素の応答値と損傷状態の関係に関するデータベース（図2参照）を構築する必要がある。

(3) 機能喪失の推定

(2)の損傷状態から、建築物が当初から保有している機能のうち、どの機能にどの程度の支障を来すかの推定を行う。これを行うためには、各要素の損傷状態と建築物の機能との関係に関するデータベース（図2参照）を構築する必要がある。ここまでが「機能喪失のシナリオ」であり、当該建築物にどのような損傷が生じ、それによってどの機能がどの程度喪失されるかが評価される。

(4) 修復方法の設定

災害によって喪失すると推定された建築物の機能について、それを被災後にどの様な修復方法によって回復させるかの検討を行う。このためには、損傷の程度に応じた修復方法に関するデータベース（図2参照）が必要である。

(5) 修復費用・修復期間の推定

喪失した機能を回復させるための修復に要する期間と費用の推定を行う。このためには各修復方法について、損傷の程度に応じた期間と費用に関するデータベース（図2参照）が必要である。

以上の(4)～(5)の段階が、「機能回復のシナリオ」であり、機能回復のために必要な修復方法、修復費用、修復期間が評価される。なお、(2)～(5)のデータベースの情報（図2参照）が揃うことにより、設計者は、所有者・使用者が望まない事態が生じないよう、予め応答値を低減させる等の対処方法を考え、機能継続の方策を提案できるようになる。

(6) ライフラインの情報

構造設計者が直接コントロールできる範疇ではないが、被災後の生活や事業に大きな影響を及ぼすことから、それらがどのような状況になるか情報を蓄積しておく必要がある。

図1 新たな構造性能評価システムフロー

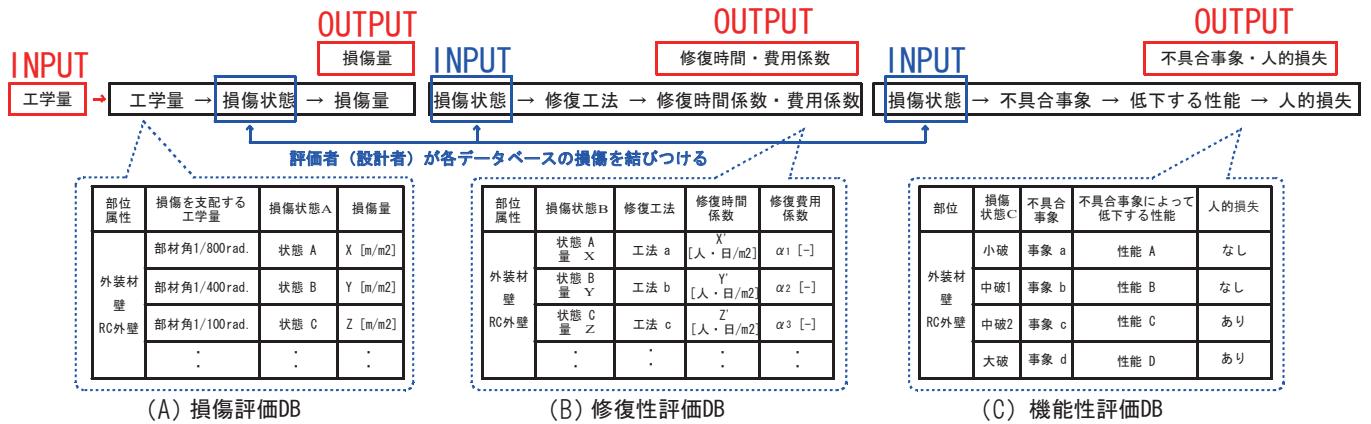


図2 データベースフォーマットの概要

(7) 生活困窮度や事業困難度の評価

(3)の建築物機能への影響度の情報、(5)の修復費用や修復期間の情報、(6)のライフラインへの影響の情報などを考え合わせ、生活がどの程度困窮するか、また、事業の継続がどの程度困難となるかについての推定を行い、これを一般市民が理解できるような言語で説明する。この段階が、「生活困窮度・事業困難度の評価」である。

III. 地震後の建築物のシナリオに基づく耐震性能の表示手段

前章で示したように、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。本手法の特徴は、一つの建築物を対象に、地震前から地震後数週間の様子を示し、このような被害を小さくするためにも機能維持や早期回復を事前に検討しておくことが重要であるということを伝えていることである。また解析結果等に基づく正確な調査結果と整合させた資料にすることで本研究のテーマ統一をはかった。なお、ここでは画像（図3）として提示しているが、実際には実例写真は別ウィンドウでポップアップし、地震時には画面が多少揺れるといった工夫も行っている。図で示した生活被害等は解析結果に基づく建築物の被害を鑑みて過去の被災事例と併せて検討した結果である。ここで提案した手法が、耐震性能の新たな表示手段として有效であることを示した。



図3 試作した普及促進webツール画面

IV. 本評価システムを利用した評価事例

図1のフロー、かつ本研究で図2を基に収集されたデータベースに基づき、共同住宅、事務所、病院を対象とした評価を実施した。具体的には、地震被害の程度が異なる複数の入力波を用いて、地震応答解析により得られた軸体および非構造部材、設備機器等の被害度を推測し、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データベースを利用した結果、概ね妥当な費用と期間が得られていること、また構造設計者が現在の実務上、実施できるものであることが確認された。

V. まとめ

本研究では、ユーザニーズに対応できる新たな耐震性能評価システムの体系やそれに資するデータベースの構築、さらには本評価システムを利用した評価事例や地震後の建築物のシナリオに基づく耐震性能の表示手段について検討した。