

Epistula

えびすとら



特集 地震後の機能維持/早期回復の実現を目指して

建築物の耐震性能とは？

みなさんが車を購入する時、どんな性能を重視しますか？事故に対する車体の「頑丈さ」、または走行時の「乗り心地」や「燃費」、「加速性」などを重視する方など、ユーザーによって十人十色の性能の選択がなされることでしょうか。では建築物を購入する場合はどうでしょうか？建築物もまた、その用途に応じ多岐に渡る性能が確保されています。今回の特集では、その性能の中でも、地震国日本では大変重要となる「耐震性能」についてのお話です。ほとんどの場合、車よりはるかに高額となる建築物ですが、実は法律によって求められる耐震性能は、「中小地震で無被害であること」、「大地震では倒れないこと」の唯一2項目です。よって、日本の建築物は上記の2項目は満足していますが、それ以外でユーザーが求める耐震性能を実現するための有効なシステムやそのシステムを使う際に必要な情報がありません。そこで建築研究所では、ユーザーの要望に応えられる耐震性能の高い建築物を実現するための手法に関する研究課題を実施し、その第一段階となる成果が得られてきましたので、それらについてご紹介したいと思います。これらの検討により、将来の建築物がどのような変化を遂げるのかについてイメージしながら読んでいただければと思います。



写真1 1995年兵庫県南部地震において被災し、取り壊されたマンション

近年の地震被害と今後求められる耐震性能

近年の国内における地震では、新築の建築物が倒壊するような事例は少なくなってきましたが、地震後に建築物がすぐに使用できる状態にあるか、または使用できる状態に回復できるかについて問われる機会が増えています。商業・生産施設等の事業者の場合は、従業員の負傷や死傷といった安全性に加えて、業務の停止期間を最短にすることが重要となります。例えば、被災した精密機械工場の操業が地震によって長期間停止し、その経営自体が危機的な状況に陥っただけでなく、関連企業の生産活動にも連鎖的に支障をきたした深刻な事例が見られています。また、住宅所有者の場合は、地震後における建築物を元の状態に回復させるためにどれほどの修復費用が必要で、地震後、どの程度日常生活の継続性が損なわれて不便になるかについて関心が高くなります。例えば、1995年の兵庫県南部地震では、法律の要求する「倒壊から人命を守る」ことはできたものの、柱や梁などの部材の損傷がひどく修復費用が莫大となり、結果的に取り壊された建築物(写真1)がありました。また2005年の福岡県西方沖地震では、地震に抵抗するよう設計された柱や梁などの部材は軽微な損傷であったものの、設計で考慮されずに壁が損傷したことで、その壁に取り付けられているドアの開閉が困難となり、日常生活に支障をきたす事例(写真2)も見られています。

以上の被災事例から、今後の建築物の耐震設計においては、これまで確保されてきた耐震安全性はもちろんのこと、地震等の災害発生後にすぐに建築物を使用できるといった、ユーザーの関心の高い耐震性能の実現が求められるようになってくることでしょうか。



写真2 2005年福岡県西方沖地震において壁部材が損傷し、ドアの開閉が困難となったマンション

建築物の機能性に対する多様なユーザーニーズ に応える耐震性能評価システムの開発

近年の地震被害は、法令で定められた耐震基準を満足するだけでは十分でなく、地震後も多種多様な機能を継続的に発揮できる建築物が必要であることを示唆しています。建築研究所では、そのような建築物の実現に向けた評価システムの開発を行っています。

新たな評価システムの基礎をつくる！

今回の開発を元に、最終的に実現しようとする評価システムのイメージを図1上段に示します。ユーザーの求める耐震性能をもつ建築物を実現させるために、設計者が利用可能な評価システムを提供することが、本研究課題の目標です。そこで、下記にある3つのクリアすべき課題を検討し、目標達成のための第1段階となる基礎をつくりました。

①新たな耐震設計の枠組をつくる

(新たな耐震性能評価の枠組と過程の構築)

②新たな耐震設計の枠組を使う際に必要となるデータをつくる

(新たな耐震性能評価に役立つデータベースの構築)

③ユーザーにとって分かりやすい耐震性能の表示手段をつくる

(ユーザーの関心が高い性能表示手法の構築)

①新たな耐震設計の枠組をつくる

設計者が本評価システムを使用するため、現在実施されている耐震設計との連続性を配慮して、図1下段に示す新たな耐震設計の枠組をつくりました。本枠組は以下の各検討項目で構成されています。

(1)揺れの度合い(応答値)の算定

地震動に対する建築物の揺れの度合いを算定します。

(2)損傷状態の推定

(1)で算定された揺れの度合いを用いて、建築物を構成している各部位(柱や梁、外壁やドアから設備機器や食器棚などにいたる全ての部位)の損傷状態を推定します。この推定には、建築物の揺れの度合いと各部位の損傷状態とを関連づけるデータをつくること(②参照)が不可欠です。

(3)機能喪失の推定

(2)で推定される各部位の損傷状態を用いて、ユーザーにとって不具合となる事象や人的損失を推定します。この推定情報は、地震後の建築物の機能喪失のシナリオ作成に活用されます。この推定においても、損傷状態と不具合事象とを関連づけるデータをつくるのが不可欠です。

(4)機能回復の推定

(2)で示される各部位の損傷状態に応じた修復方法の設定と、各修復方法で必要となる修復費用や修復時間の算定を行うための情報を収集します。この情報は、地震後の建築物の機能回復のシナリオ作成に活用されることになります。ちなみに、ここで算定される修復費用や時間は、仮定した修復シナリオに基づき算定されるものですが、ユーザーにとって建築物の機能回復性能を知る上で十分目安となります。ここでの算定等においても、損傷状態と修復方法や修復費用・時間とを関連づけるデータをつくるのが不可欠です。

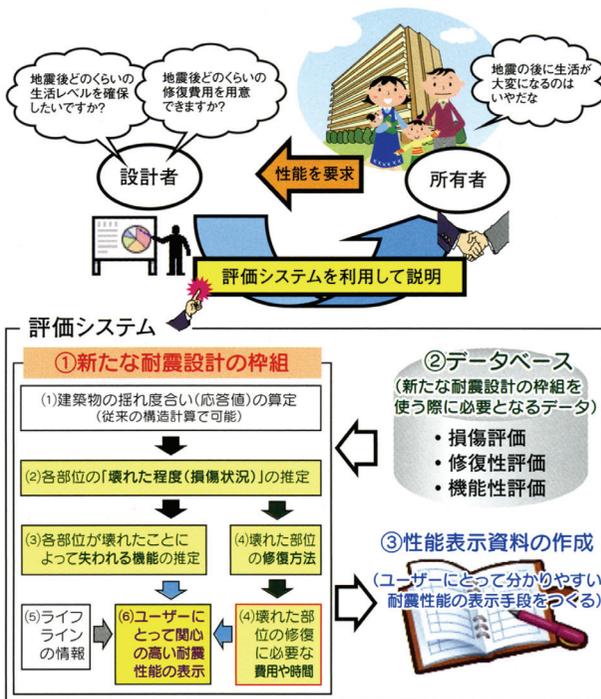


図1 新たな耐震性能評価システムを用いた場合のイメージ

上記(2)~(4)の評価を行うことにより、設計者はユーザーが要求する建築物の性能を実現するために、あらかじめ建築物の揺れを低減させる等の対処が可能となります。

(5)ライフラインの情報

例えば電柱が倒れて、建築物内の電気が使えないといった情報がこれに該当します。本項目は、設計者が直接コントロールできるものではありませんが、被災後の生活や事業の継続性に大きな影響を及ぼしますので、地震後のシナリオ作成時において、これらがどのような状態であるかについて仮定し、被災後のライフラインの状況を設定することが必要です。

(6)ユーザーにとって関心の高い耐震性能の表示

(3)~(5)の情報を基に、地震後の建築物のシナリオを作成し、ユーザーにとって関心の高い耐震性能を表示します。将来的には、ここで示すシナリオに基づき「生活困窮度・業務困難度」といった指標を数値で表すことができれば、より有用な性能表示を可能にすることでしょう。

②新たな耐震設計の枠組を使う際に必要となるデータをつくる

前述しました耐震設計の枠組において必要となるデータとして図1の②に示したデータベース(以降DB)を大きく3種類つくり、それぞれに必要なデータの種類を決め、一部そのデータ収集を行いました。

具体的には、各部位の揺れの度合いと損傷状態を関連づける「損

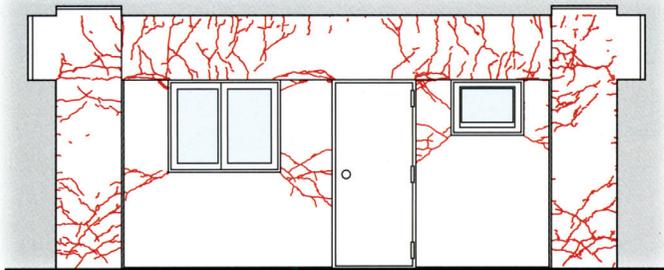


図2 地震によって損傷した鉄筋コンクリート造外壁

傷評価DB]、各部位の損傷状態とそれによって生じる不具合事象を関連づける「機能性評価DB」、各部位の損傷状態とそれに対応した修復方法、修復費用・時間を関連づける「修復性評価DB」です。なお、損傷評価DBで得られた結果は、修復性評価DBと機能性評価DBで使用される関係にあります。

図2は、地震によって被害を受けた鉄筋コンクリート造の外壁を示しています。現時点でこの図を見て、どのくらいの量のひび割れが壁に生じて、それを修復するのにどれくらいの費用や時間がかかって、この部屋に住むユーザーがどの程度困ってしまうかについて答えられる人はいないでしょう。今回つくりましたDBは、これらの問いに対して有効な答えを与えてくれます。

③ユーザーにとって分かりやすい耐震性能の表示手段をつくる

図1に示す検討を行う設計者にとって、建築物の損傷程度を、揺れの度合いを表す数値（層間変形角や加速度）で表現することは一般的なことです。一方、オフィスビルや病院の所有者は、所有建築物が地震後も経済活動を行えるかどうかに関心があり、また住宅の所有者は、地震後の生活が維持できるか、または日常生活の不便さをどの程度強いられるかに関心があります。この状況が、設計者とユーザーとの意思疎通を困難なものにしています。

そこで、①の検討結果や過去の地震被害事例を用いて、図1の③に示した性能表示の説明資料をつくりました。具体的には、地震後における建築物のシナリオを時系列に示し、建築主が自分のこととして受け入れられるリアリティのある内容としました。

図3は、平日の昼に発生した地震直後に、主人公の女性が机の下で身を守ろうとする場面から始まるシナリオの表示例です。地震の揺れが落ち着いた後、各部屋を見回って、建築物の外に避難するまでの様子を示しています。そこには、各部屋の損傷の状況を表示するだけでなく、地震後の建築物の機能を維持、または早期に回復するために、設計時点では考慮できないが事前に準備しておく有効な項目などにも触れ、地震被害軽減のための啓発を促す工夫をしています。

今後、シナリオには建築物全体をもっと耐震化した場合のものや、ユーザーが特に地震後の機能を重視している場所を耐震化した場合のものなどをつくることも可能であり、これらと比較することによって、ユーザーの要望に見合った耐震性能を選択できることとなります。このような分かりやすい表現方法による建築物の耐震性能に対する理解が、ユーザーが求める耐震性能を実現していく第一歩になるものと考えています。

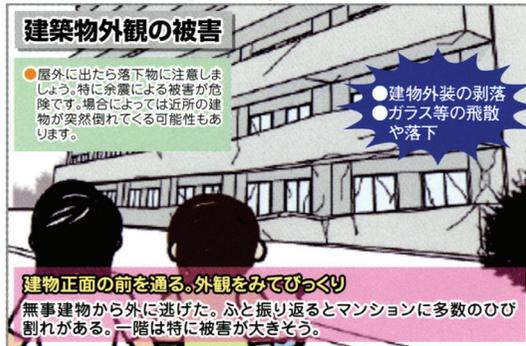


図3 地震後における建築物のシナリオ

今後の展開

建築研究所では、この手法を用いて、共同住宅、事務所ビル、病院を対象とした検討を実施し、設計者が実務で実施できる有用なシステムであることを別途確認しています。本システムを用いた評価を行う際には、膨大なデータの蓄積が必要となりますが、これらのデータをより

広く整備することが、社会から求められるニーズに応える耐震性能の高い建築物の実現のための第二段階と考えています。そのためにも今後はデータ整備の手法や、本評価システムが社会でより広く使用されるための仕組みについて検討を行います。なお、本研究課題の成果は今後、建築研究所のホームページ等で公開していく予定です。