

# Epistula

えびすたら



独立行政法人 建築研究所  
Building Research Institute  
Vol.50 発行：2010.7

## 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。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。

### 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などが重要となります。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、地震に抵抗され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、設計で考慮されていない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。

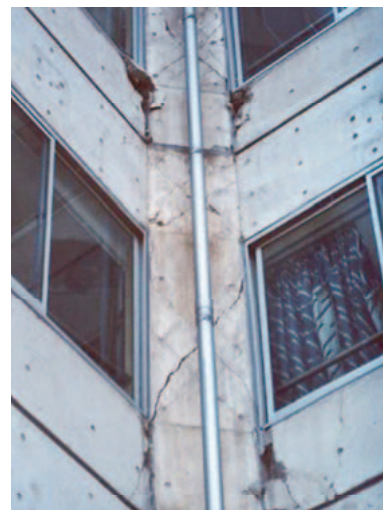


写真1 1995年兵庫県南部地震において被災し、取り壊されたマンション



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ことが不可欠です。

#### (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となります。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ことが不可欠です。

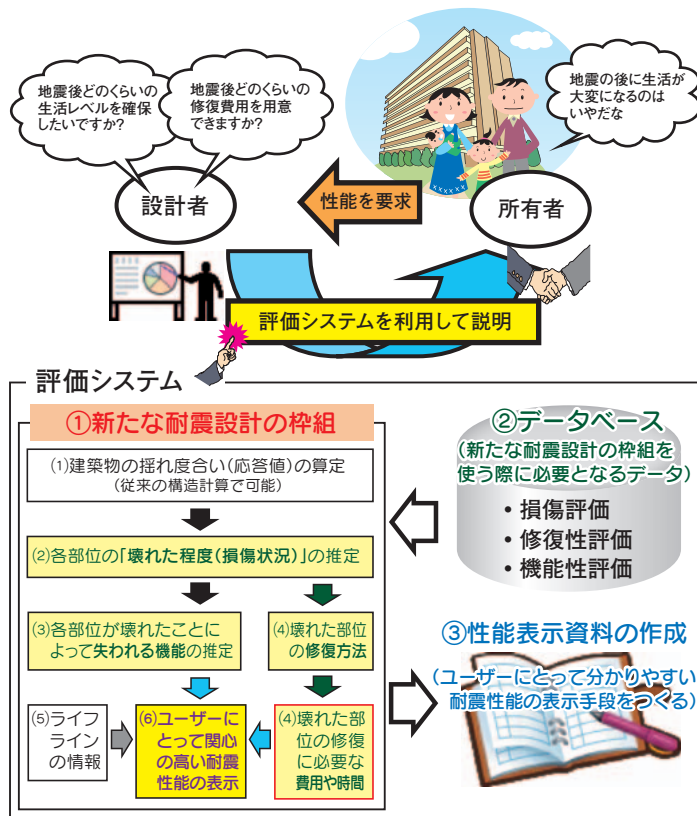


図1 新たな耐震性能評価システムを用いた場合のイメージ

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

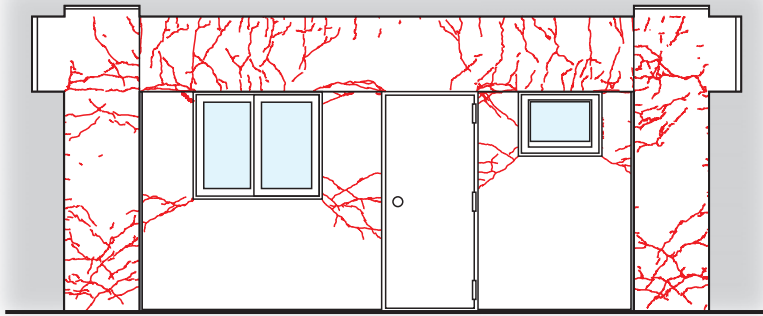


図2 地震によって損傷した鉄筋コンクリート造外壁

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が、建築物のユーザーがそれらの値の意味を理解することは容易ではありません。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、これらを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。

**リビングのゆれ**

●揺れが収まるまではとにかく身を守ることが大切です。  
●火の始末や避難経路の確保などは身を守った後の行動です。

●家具が転倒  
●什器類落下・破損

**地震だ!**  
平日の14時、大地震が発生! 昼食の片付けを終え、リビングでテレビを見ていたAさんはとっさに机の下へ。

**リビングの被害**

地震発生後の室内

●電気が復旧した際に起こる火災(通電火災)があります。避難時にはブレーカーを落とす必要があります。

●家具転倒  
●ガラス散乱

**揺れが収まる。そろそろと机から出てみると…**  
揺れが収まった。そろそろと机から出て室内を眺めてみる。部屋の家具は倒れ、中身は飛び出している。

**外部階段の被害**

避難階段も被害をうけている場合が…

●地震発生後はエレベータを使用できないこともあり、階段を通って階下へ避難することになります。

●階段が一部損傷

**非常階段で逃げる**  
避難階段に到着。よくみると、結構ひび割れもあるみたいだが、安全性は大丈夫なのかと不安になる。

**建築物外観の被害**

●屋外に出たら落下物に注意しましょう。特に余震による被害が危険です。場合によっては近所の建物が突然倒れてくる可能性もあります。

●建物外装の剥落  
●ガラス等の飛散や落下

**建物正面の前を通る。外観をみてびっくり**  
無事建物から外に逃げた。ふと振り返るとマンションに多数のひび割れがある。一階は特に被害が大きそう。

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。

## 材料研究グループ

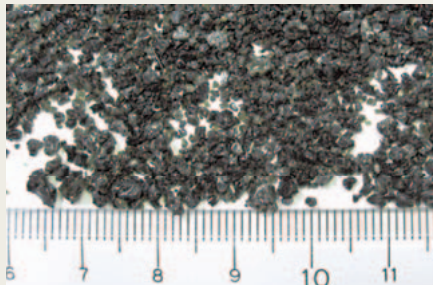
材料研究グループでは、重点的研究開発課題として「アスベスト等の建材含有物質に係る情報活用手法の開発」に平成21年度から2箇年の予定で取り組んでいます。

アスベストによる健康被害が平成17年以降に問題が再燃し、その後種々の対応がなされてきました。これにより、アスベスト繊維の飛散の恐れが大きい吹付けアスベストについては、建築基準法の改正により使用が規制されました。一方で、アスベスト含有建材のうち最も蓄積量の多いアスベスト含有成形板等は、破壊・破断がなければアスベスト繊維の飛散の恐れが少ないものの、表面が劣化した場合や改修・解体に伴うアスベスト繊維の飛散については十分に知見が蓄積されていない状況にあります。このため、劣化したアスベスト含有成形板からのアスベストの繊維の飛散の実測調査やアスベスト含有成形板の改修実験を行い、安全性の検証を進めています。これらの成果はアスベスト含有成形板の飛散防止対策のガイドラインとしてとりまとめる予定です。

同課題においては、この他に、今後の建材の含有物質の安全性の検討のため、「各種スラグ骨材コンクリートおよびこれらを原骨材とする再生コンクリート中の重金属等に関する情報収集とその活用」、「建材による健康被害防止のための含有物質に係る情報活用手法の開発」を実施しています。



アスベスト含有成形板の洗浄状況



スラグ骨材

## Q&Aコーナー

**Q**：建築研究所の実験施設は外部機関でも利用出来るのでしょうか。

**A**：はい。実験施設等の有効利用を図るため、建築研究所の研究業務に支障のない範囲で、実験施設の貸付業務を行っております。貸付対象機関は、国、地方公共団体、特殊法人、独立行政法人及び公益法人とし、公益性を有する場合は民間企業にも貸付しております。

貸付についての規程、申請方法、利用できる実験施設と利用可能期間は、建築研究所ホームページ（下記アドレス）上でご覧いただけます。

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/rental/index.htm>

- Q&A コーナーは、読者の方から頂いたご質問にお答えするコーナーです。ご質問は、[epistula@kenken.go.jp](mailto:epistula@kenken.go.jp) までお願いいたします。

## 編集後記

「備えあれば憂いなし」・・・。ひとたび大きな地震が起こると日常生活が一変します。建築物が倒れずに人の命が守られることは是非とも必要ですが、今の基準に沿って建てられていれば、この点は大丈夫でしょう。しかし、その後の生活はどうなるのでしょうか。どのくらいで電気、ガス、水道などのライフラインが復旧し、住宅や会社などが普段の状況に戻るのか、という問題があります。また、傷んだ建築物を直す費用がどれくらい掛かるかも心配です。

中央防災会議によると、これから起こる恐れがある首都直下地震の被害で、人的・物的な直接被害と間接損害の合計が約112

兆円、そのうち、直接被害額は67兆円、間接損害額は45兆円と見積もられています。建築物が壊れることによる直接被害、事業が滞ることなどによる間接損害、これらをいかにして減らすかが、人命の次に重要な課題と言えましょう。地震被害を予測した上で、地震後の復旧計画までを事前に描いておくことが、いざというときに役に立つわけです。

このような地震後のことも考えて、建築物の構造設計を行うことが技術的に可能になってきています。今回は、建築研究所におけるそうした取り組みの一端をご紹介します。(N.K)

## 「平成22年度つくばちびっ子博士」に伴う施設公開のご案内

建築研究所では、つくば市教育委員会が主催する「つくばちびっ子博士」事業に賛同し、研究所の実験施設と展示館を公開します。本事業は、全国の小中学生を対象として実施されているもので、子供達が、つくば市にある研究・教育機関において科学技術に触れ、科学に対する関心を高めることを目的としています。子供達は、各研究機関等を見学しながらスタンプラリーを行います。

実験施設の公開は、7月28日(水) (13:00~16:00)と7月31日(土) (10:00~16:00)の2日間実施します。見学は、1コース2~3施設程度を回るツアー形式で行い、火災風洞実験棟や実大構造物実験棟などの実験棟で、担当の研究者が実験を紹介しながら、その施設で行っている研究を分かりやすく説明致します。

見学ツアーは、電話による事前予約制です。予約方法・ツアー内容等の詳細については、建築研究所のホームページ (<http://www.kenken.go.jp/>) に掲載致しますのでそちらをご覧ください。定員になり次第受付を終了させていただきます。

また、7月20日(火)~8月31日(火)までの平日 (10:00~16:00) は、展示館のみの自由見学を随時受け付けています。

## 出版のご案内

建築研究資料 第124号

平成21年度 長期優良住宅先導的モデル事業の応募提案の評価

BRI Research Paper No.148

Technical Design Data toward Low Energy Houses with Validated Effectiveness (Chinese Version)



花蓮  
Photo M.Kato

# Epistula

えびすたら

第50号 平成22年7月発行  
編集：えびすたら編集委員会  
発行：独立行政法人 建築研究所

〒305-0802 茨城県つくば市立原1  
Tel.029-864-2151 Fax.029-879-0627

●えびすたらに関するご意見、ご感想は  
[epistula@kenken.go.jp](mailto:epistula@kenken.go.jp)までお願いいたします。  
また、バックナンバーは、ホームページでご覧になれます。  
(<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/epistula.html>)

