

3.1.4.4 保険デリバティブ制度の検討

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5ヵ年の年次実施計画
- (e) 平成15年度業務目的

(2) 平成15年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 平成16年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 保険デリバティブ制度の検討

(b) 担当者

所属	役職	氏名
慶應義塾大学理工学部	教授	三田 彰
慶應義塾大学大学院理工学研究科	大学院生	神田亜希子

(c) 業務の目的

再保険市場のキャパシティや保険料の問題等を有する従来の地震保険制度を保管することを目的として、これまで対象とされなかった地震被害リスクを保険デリバティブによってヘッジする仕組みについて検討する。

(d) 5カ年の年次実施計画

1) 平成14年度：

保険デリバティブ設計の基礎となる地震リスクの定量化について、住宅を対象として具体的な地域を想定した検討を開始する。

2) 平成15年度：

リスク定量化で重要な役割をになう損傷曲線を単純なパラメトリック損傷モデルの一種としてとらえ、デリバティブへの適用に適した損傷モデルのあり方について検討する。

3) 平成16年度：

損傷モデルを活用した保険デリバティブの制度設計を行い、特定の地域を想定したシミュレーション解析を行う。

4) 平成17年度：

通常のデリバティブの適用が、そのままでは困難な個人住宅を対象とした、保険デリバティブ活用の手法について検討する。

5) 平成18年度

各種構造物、大都市や地方都市など幅広く展開可能な保険デリバティブの仕組みを提案する。

(e) 平成15年度業務目的

米国で開発された災害リスク算定プログラムHAZUSや日本における研究成果に基づき、建物の損傷モデルの現状について調査し、損傷のモデル構造として用いられているパラメータおよびそれらを決定する要因について検討する。

(2) 平成15年度の成果

(a) 業務の要約

1995年に既存建築物に対し「建築物耐震改修の促進に関する法律」が制定されたが、耐震改修の歩みは遅い。地震時の安全性確保の観点からは、学校校舎のような公的建物について特に耐震改修の緊急度が高い。そこでここでは、既存の建物評価システムのモデル構造を解析し、個別の建物への適用の問題点を把握した上で、個別の建物の損傷評価のためのシステムを提案し、学校校舎を対象として検証を行った。ここで提案した損傷評価システムは、構造種別・建築年・建物の高さ、建物の位置を入力することでモデルを選定し、サイトの想定地震における損傷評価を簡単に行うことが出来るため、学校校舎などの優先度調査のための損傷評価システムとして有用である。

(b) 業務の実施方法

まず、既存の建物評価システム^{1),2),3),4)}の問題点を洗い出した。実地調査に基づく耐震診断は、高額な費用がかかるため、簡易な方法が提案されている。たとえば代表例である地域防災用損傷評価システムには、経験的手法と解析的手法がある。経験的手法は被害調査結果に基づくため局所的な特徴を含み個別の建物評価には不適切である。解析的手法は物理的パラメータの設定ができ個別の建物評価に適したモデル構造であることが解った。

これらを踏まえ、解析的損傷評価システムに基づき損傷評価システムを提案した。解析的損傷評価システムのモデル構造は、データベースや法律等の体系が整合的である米国には適しているが、日本の現状においてはそのままでは利用に適さない。そこで、評価モデルのフラジリティ曲線をPGVで基準化し、個別の建物ごとに構築されるキャパシティによって損傷レベルを評価することで日本の現状に適した損傷評価システムを構築した。その結果、本システムは、構造種別・建築年・建物の高さ・建物のサイトの入力に対し、モデルを選定することで損傷評価が簡単に行える仕組みと出来た。また、想定地震に対し各建物で一意に損傷度が決まる損傷度曲線のモデルを新たに加え、多数の建物を比較し易くした。

次に、学校校舎を対象に本システムを検証した。建築年・建物の高さで分類した解析モデルごとにキャパシティスペクトルとダイヤモンドスペクトルの交点である応答点のPGVに変換し、それを利用してフラジリティ曲線と損傷度曲線を構築することで、サイトの想定地震動に対する損傷確率と損傷度が出力された。その結果は既存の知見に即したものであり、本システムの有効性が確認された。また、キャパシティスペクトルに大きく影響する帯筋間隔と桁行き方向の耐震壁の有無を考慮することで、より効果的な評価システムが実現できた。

(c) 業務の成果

まず、既存の建物評価システムの特徴について検討した。実地調査に基づく耐震診断は、高額な費用がかかるため、簡易な方法がいくつか提案されている。たとえば代表例である地域防災用損傷評価システムには、経験的手法と解析的手法がある。経験的手法は被害調査結果に基づくため局所的な特徴を含み個別の建物評価には不適である。解析的手法は物

理的パラメータの設定ができ個別の建物評価に適しているが、その評価に必要なデータベースの存在を前提としている

個別建物評価が可能な損傷評価システムの提案

本研究では、個別の建物の損傷評価に適している解析的損傷システムをベースとしたシステムを提案する。FEMA(連邦危機管理庁)が提供する評価ソフト HAZUS は、データベースや法律などの体系が統合的である米国には適しているが、日本の現状においてそのままでは利用できない。そこで、評価モデルの fragility 曲線を PGV で基準化し、個別の建物ごとに構築されるキャパシティによって損傷レベルを評価することで日本の現状に適した損傷評価システムを構築した。本システムは、構造種別・建築年・建物の高さで分類された各モデルのキャパシティとダイヤモンドスペクトルの交点(図 1)である応答値を利用して、設定した損傷レベルの PGV を算出する。この過程を建物ごとに行いデータベース化しておくことで、構造種別・建築年・建物の高さの入力に対しモデルを選定することでサイトの想定地震ごとに簡単に損傷評価できる仕組みとした。また、想定地震動に対し建物ごとに一意に損傷度が決まる損傷度曲線のモデルを加え、多数の建物の相対比較を行い易くした(図 2)。

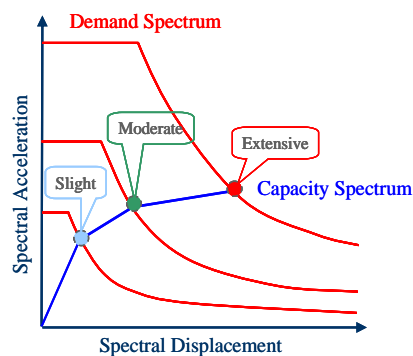


図 1 ADRS フォーマット

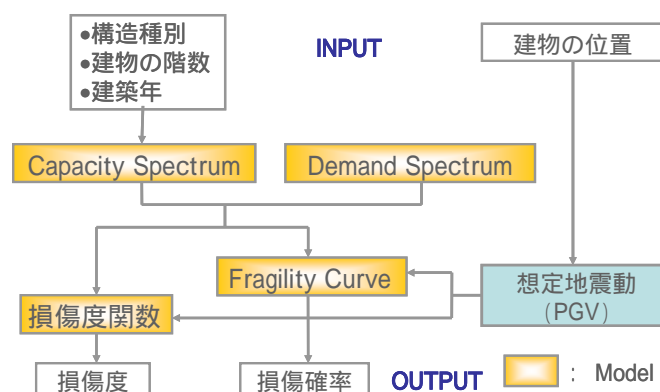


図 2 損傷評価システムの仕組み

提案する損傷評価システムの検証

学校校舎を対象に提案するシステムの検証を行った。システムの検討条件は、サイトの想定地震動の評価が可能で、個別の建物の性能に即した評価であること、簡単に利用できることである。構造種別は RC 造、階数は 1 ~ 4 階の 4 モデルに分類した。年代は、

建築基準法が改定された 1971 年を境に分類し、全 8 モデルを基本とした。柱・梁の断面と解析モデルを図 3 および図 4 に示す。学校校舎解析用基本 8 モデルに対しキャパシティスペクトルを構築した(図 5)。その結果、年代区分が新しいほど、階数が減るほど耐震性能に優れており、個別の建物の性能に準拠した損傷評価システムに有効であることが確認された。そして、キャパシティスペクトル上の各損傷状態点を応答点とするダイヤモンドスペクトルの PGV を求め、テーブル化した。

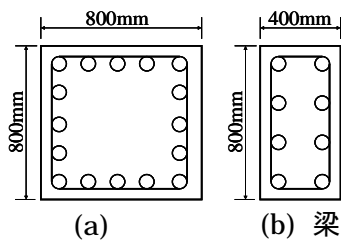


図 3 柱および梁断面図

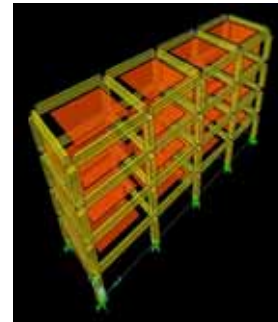


図 4 解析モデル

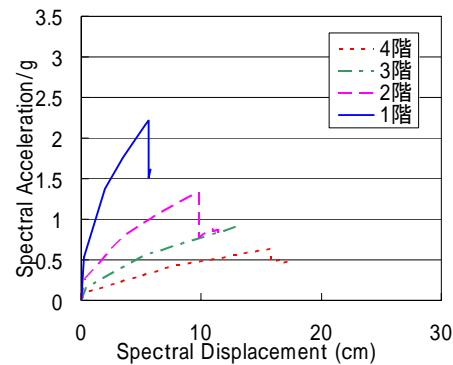


図 5 1971 年以降の建物のキャパシティスペクトル

損傷確率を算出するために、テーブルの PGV を中間値とした fragility 曲線を構築した。標準偏差は HAZUS の値を利用した。出力結果を HAZUS と比較した結果、損傷確率の傾向が一致した。そのため、キャパシティスペクトルを利用した損傷評価が有効であると確認された。また、出力は損傷状態ごとに確率として表示されるので、複数の建物に対する順位を付けにくいことが確認された。

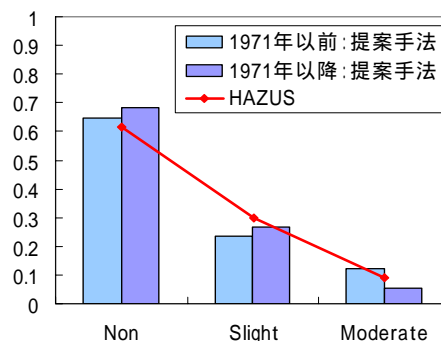


図 6 3 階建て建物の損傷確率

多数の建物の相対比較を行い易くするために、ある想定地震動に対し損傷度が一意に決まる損傷度曲線を PGV のテーブルに基づき構築した(図 7)。その結果、建築年が新しく、建物の高さが低いほど耐震性能に優れており、損傷確率同様その有効性が確認された。かつ、出力結果が、ある想定地震動に対し値が一意に与えられるため、耐震性能の優劣判定が簡単にできることが確認された。また、出力を危険度順位として表にまとめることで、複数のサイト・多数の建物に対する損傷度の順位も簡単に把握できた(表 1)。このように、損傷度曲線を利用することで、建物のタイプ・想定地震動ごとに優先順位付けが可能となり、かつ結果を表にまとめることで、より効率よく危険度順位を把握できることが確認された。

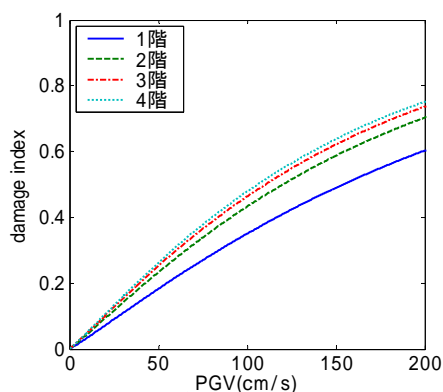


図 7 1971 年以降の損傷度曲線

表 1 危険度順位

危険度順位	世代・建物の階数
1	O-4
2	O-3
3	O-2
4	N-4
5	N-3
6	O-1
7	N-2
8	N-1

O : 1971年以前

N : 1971年以降

危険度順位が入れ替わる可能性のある帯筋間隔・桁行き方向の耐震壁について、損傷度を算出し、損傷度の比較を行った(表 2)。その結果、帯筋間隔と桁行き方向の耐震壁の有無を変化されることで、年代・階数に関わらず危険度順位の入れ替わりが見られた。このことより、帯筋間隔と桁行き方向の耐震壁の有無を新た考慮することで、より効果的な評価が期待できる。

表 2 危険度順位

危険度順位	世代・建物の階数	状態
1	O-4	
2	O-3	
3	N-4	hoop-250mm
4	O-2	
5	O-4	hoop-100mm
6	N-4	
7	N-3	
8	O-1	
9	N-2	
10	N-1	
11	O-4	with wall
12	N-4	with wall

O：1971年以前

N：1971年以降

(d) 結語ならびの今後の課題

本研究では個別の建物に適用できる損傷評価システムを提案・検証した。検証対象は、地震時安全性の確保という観点から学校校舎とした。その結果、構造種別・建築年・建物の高さで分類された各モデルに対して、キャパシティとダイヤモンドスペクトルの交点である応答点を PGV でデータベース化することにより、本システムは構造種別・建築年・建物の高さ，建物の位置を入力することで，サイトの想定地震における損傷評価を簡単に行える仕組みとできた。そのため、学校校舎など低層で、ある程度規格化された建物の耐震補強優先度調査のための損傷評価システムとして有用である。今後、本評価システムをベースとして保険デリバティブの制度設計を実施していく予定である。

(e) 引用文献

- 1) 林康裕，宮腰淳一：兵庫県南部地震における被害率曲線，災害部門 PD，地震動の特性と建築物の被害 - 経験と予測 - ，pp.15-20, 1998
- 2) 村尾修，山崎文雄：自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数，日本建築学会構造系論文集 No.527,p189~196.2000.1
- 3) 翠川三郎，藤本一雄：計測震度と住家被害率の関係，日本地震工学会論文集，第 2 巻，第 2 号，2002
- 4) Federal Emergency Management Agency, HAZUS99 Technical Manual, Washington, D.C.

(f) 成果の論文発表・口頭発表など

1) 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
神田亜希子， 三田彰	モデリングの視点からの建物損傷モデルに関する研究	日本地震工学会大会 2003 梗概集	2003 年 11 月

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 16 年度業務計画案

米国で開発された HAZUS をベースとして、日本の建物に適合するように提案した損傷モデルを活用し、保険デリバティブの制度設計を行う。さらに、特定の地域を想定したシミュレーション解析を行って、その妥当性について検討する。