

Is 値に基づく RC 建物の脆弱性の評価

—その1: モンテカルロシミュレーションによる評価—

正会員 ○太田孝平*
 正会員 佐藤一郎**
 正会員 矢代晴実**
 正会員 福島誠一郎*

損傷度曲線 フラジリティ 構造耐震指標
 モンテカルロシミュレーション

1. はじめに

昨今の地震リスクに対する認識の高まりや不動産金融ビジネスの活性化に伴い、地震 PML といった確率的なリスク定量化の概念が一般にも浸透しつつある。企業などの事業体は、定量的なリスク評価結果に基づき、合理的な地震リスクの処理を実施する事が可能となった。このことは、構造物の被害予測技術が、設計という限定された工学的利用のみならず、金融・経済や社会科学の観点からも重要な技術である事を意味する。

本研究は、構造耐震指標 (Is 値) を基に任意の被害状態 (層間変形角で定義) に対応した損傷度曲線を評価することを試みるものである。(その1) では、RC 建物を対象に、様々な地震動入力についてモデル化 RC 建物のモンテカルロシミュレーション (MCS) による応答解析を行い、応答と耐力の関係から損傷度曲線を構築する。

2. MCS による損傷度評価

図 1 に損傷度曲線評価手法の概要を示す。その手順は以下のようなものである。

- ① 複数の地震動強度を設定する
- ② 地震動強度毎にモンテカルロシミュレーションにより応答の確率分布を求める
- ③ 耐力の閾値と応答の確率分布から損傷確率を求める
- ④ 損傷確率と入力地震動の関係を確率紙上 (対数正規分布) にプロットする
- ⑤ プロットしたデータを基に回帰直線を求める
- ⑥ 回帰直線から損傷度曲線の中央値と対数標準偏差を求める

なお、得られる損傷度曲線の対数標準偏差は、応答の変動のみが反映されたものであると考えられるため、これに耐力の対数標準偏差を別途付加することとする。

3. MCS の実装

3.1 モデル化

モデル建物の復元力特性は図 2 のように与えた。ここで、各層の保有水平耐力は、設計用層せん断力係数から求められる必要保有水平耐力に、図 3 に示す耐力裕度を乗じ、さらに、当該建物の Is 値が所与の数値になるように、一律の係数を乗じて層全体の耐力を調整した。

なお、設計用層せん断力係数であるが、新耐震以前相当の建物については旧震度法を、新耐震以後相当の建物については Ai 分布を、それぞれ適用した。

3.2 入力地震動波形

入力地震動波形は、所定の応答スペクトル (2 種地盤相当: 図 4) に適合する複数の波形とし、最大速度で基準化した。経時特性は Jennings の包絡関数を与えた。

3.3 検討結果

MCS におけるランダム変数は波形作成における位相と建物耐力の高さ方向分布とし、計 50 のサンプルを発生させた。また、層間変形角の閾値は表 1 のように設定した。

図 5 に、損傷確率と入力地震動の関係を確率紙上にプロットした例を示す。これより対数正規分布で損傷度曲線を表すことが適切であることがわかる。

図 6, 図 7 に、Is 値、階数、閾値 (変形角) と速度耐力の特性値 (中央値及び対数標準偏差) との関係を示す。中央速度耐力と各変数は単調な関係にあることがわかる。これに対して、対数標準偏差に与える各変数の影響には、明確な関係が見られない。

4. まとめ

設計年度、Is 値、階数、耐力閾値を変数とし、これらの変数と損傷度曲線との関係を MCS により評価した。

表 1 設定した閾値

被害モード	小破	中破	大破	倒壊
許容変形角	1/240	1/120	1/60	1/30

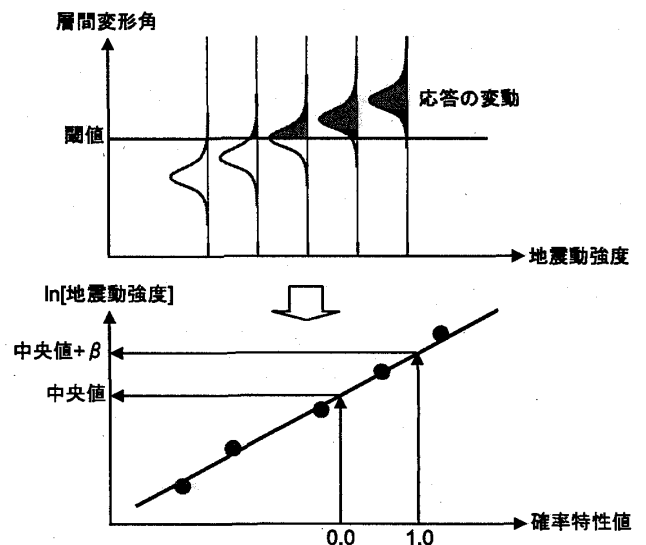


図 1 損傷度曲線評価手法の概要

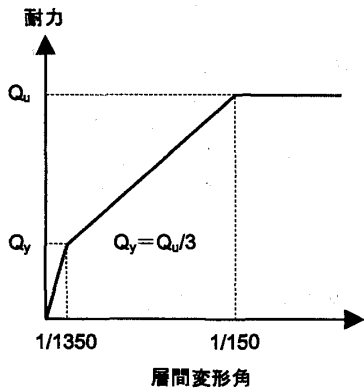


図2 設定した復元力特性

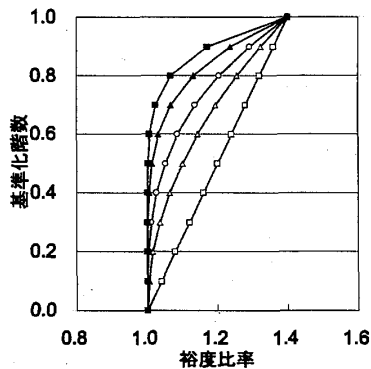


図3 耐力裕度の高さ方向分布

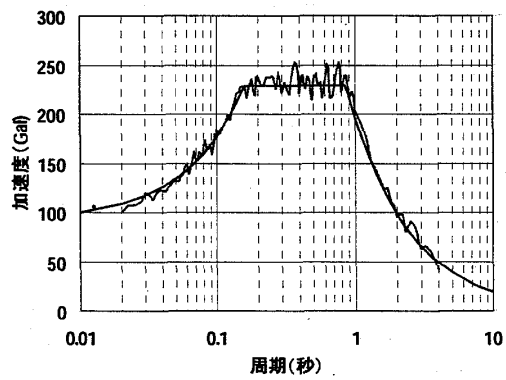


図4 目標応答スペクトル

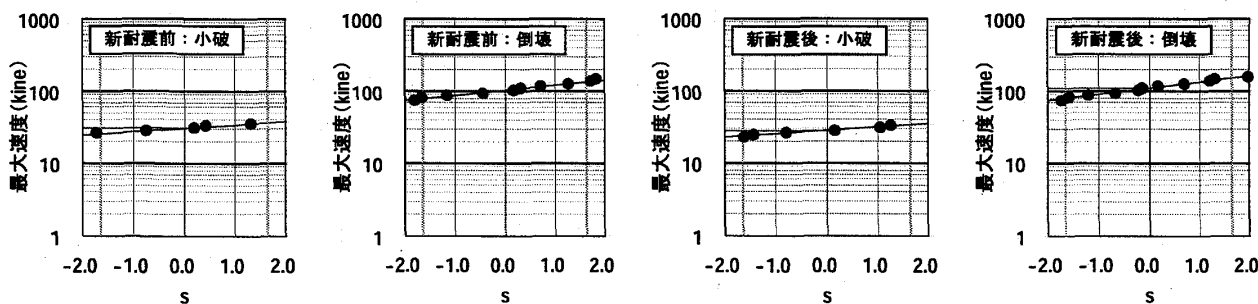


図5 損傷確率と入力地震動の関係 (7階建物)

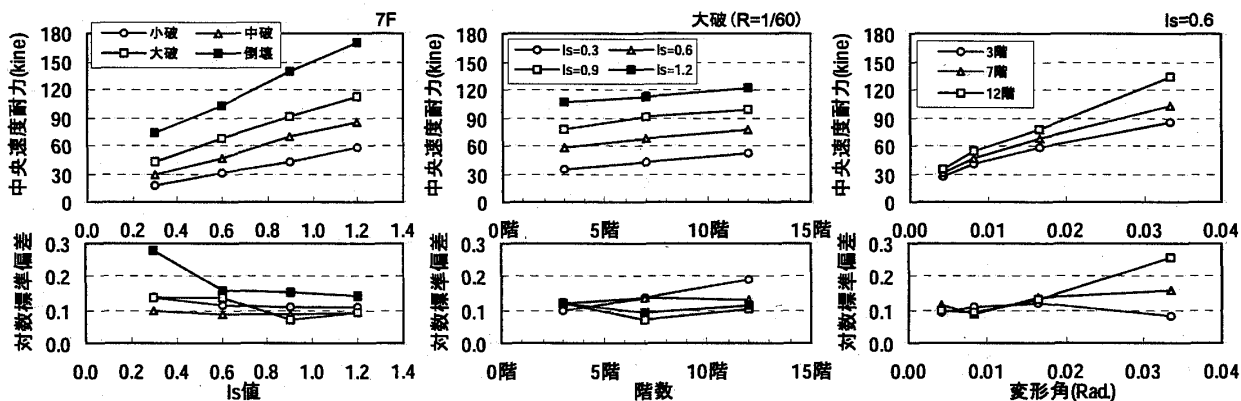


図6 解析変数と fragility 特性値との関係 (新耐震前)

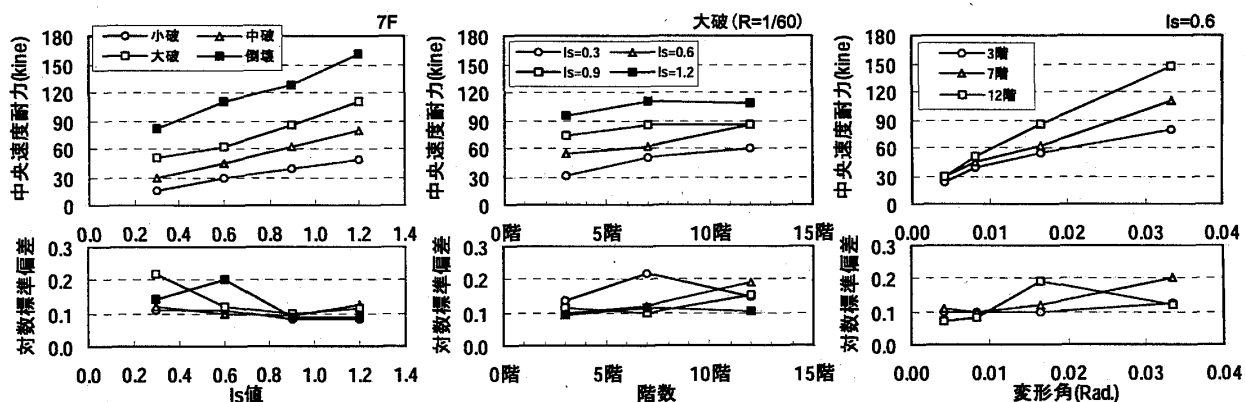


図7 解析変数と fragility 特性値との関係 (新耐震後)

*東電設計㈱

*Tokyo Electric Power Services Co., Ltd

**東京海上日動リスクコンサルティング㈱

**The Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co., Ltd