

建物の簡易地震リスク評価法の開発 Development of Simplified Seismic Risk Evaluation Method for Buildings

諏訪 仁 Hitoshi Suwa
萩原 由訓 Yoshinori Hagiwara
三浦 耕太 Kota Miura

1. はじめに

建物の地震リスク評価¹⁾は、不動産取引におけるエンジニアリング・レポート作成などに広く普及し、最近では新築建物の設計目標値としても活用されている。大林組は、2001年に建物の地震リスク評価ソフト²⁾を開発し、その後も各部位別の地震損傷度に基づいた評価法の開発、地震リスク評価における損失発生との相関の定量化など評価ソフトの更新を継続的に行っている。これまでの評価ソフトでは、建物の構造データを用いて地震応答解析を行い地震リスクを詳細に評価している。しかし、最近では、建物の詳細検討に着手する前に当該建物の地震リスクの概略を把握するニーズが高まっており、建物概要のみを用いた簡易な地震リスク評価法が求められている。

今回開発した建物の簡易地震リスク評価法は、新築建物を対象に予め作成された地震損失データベースを活用し、建物の構造種別、1次固有周期などの建物概要を入力するのみで、建物の地震損失を簡易に評価できる。

2. 建物の簡易地震損失評価法

2.1 建物の簡易地震損失評価法の概要

建物の簡易地震損失評価フローを、Fig.1に示す。事前評価では、保有水平耐力の確認を行う計算法で実施設計された複数の建物モデル群を対象に、構造種別(RC造、S造)、地震地域係数(1.0, 0.9, 0.8)、地盤種別(2種、3種)および1次固有周期ごとに詳細に地震損失を計算して地震損失データベースを作成する。つぎに、建物モデル群を対象に1次固有周期と地震損失の関係を回帰し、個別建物の地震損失を簡易に評価する。

2.2 建物モデル群の地震損失評価

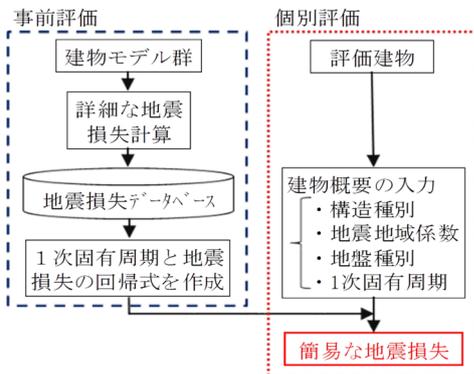


Fig. 1 建物の簡易地震損失評価フロー
Flowchart of Simplified Seismic Loss Evaluation

地震地域係数が1.0、地盤種別が第2種地盤の条件で実施設計されたRC造(5棟)とS造(5棟)の計10棟の建物モデル群を対象に、地震損失を計算する。各層の保有水平耐力を用いて復元力特性を作成し、地震応答解析を行い地震動の地表面最大速度と最大応答層間変形角の関係を計算する。入力地震動は、第2種地盤の振動特性係数スペクトルに適合したものとし、位相を変化させて3波作成する。各層の限界層間変形角は、保有水平耐力の計算時に分類された部材種別に応じて設定する。RC造建物の限界層間変形角(倒壊)は耐震診断基準の靱性指標を用いて計算し、大破以下の限界層間変形角は被災度区分判定基準の耐震性能残存率の算定法を用いて計算する。S造建物の限界層間変形角(倒壊)は、エネルギー一定則を仮定して各層の復元力特性を用いて計算し、大破以下の限界層間変形角は被災度区分判定基準の残留変形角を用いて限界層間変形角(倒壊)に対する比率で設定する。つぎに、建物の復旧費用は1995年の阪神・淡路大震災と2011年の東日本大震災において当社が復旧工事を行った復旧費用データベースに基づき、統計分析を行った結果を用いて設定する。このとき、最大応答層間変形角および限界層間変形角の分布を対数正規分布でモデル化し、損失平均値と損失の変動係数を評価する。なお、損失平均値は、新築費用に対する比率とした。

地震損失データベースの一部として、RC造4階建物

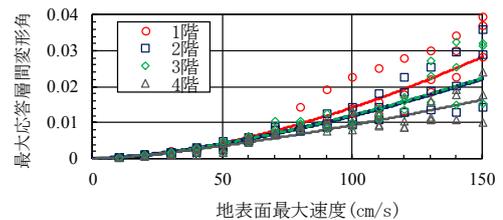


Fig. 2 地表面最大速度と最大応答層間変形角の関係(地震損失データベースの一部)
Relationship between Peak Ground Velocity and Maximum Response Drift Angle

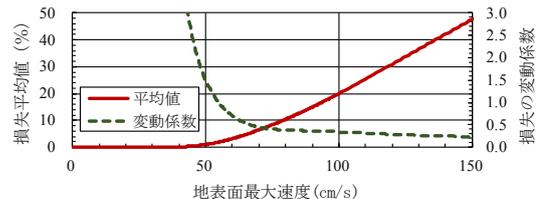


Fig. 3 地表面最大速度と損失分布の統計値の関係(地震損失データベースの一部)
Relationship between Peak Ground Velocity and Statistical Value of Seismic Loss Distribution

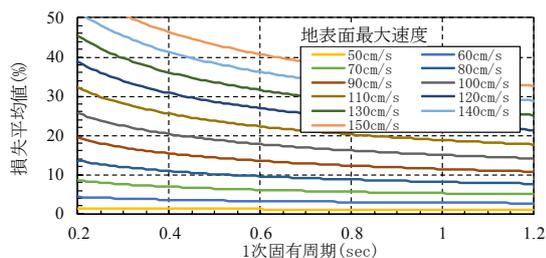


Fig. 4 1次固有周期と損失平均値の関係 (地震損失データベースの一部)

Relationship between First Natural Period and Expectation of Seismic Loss

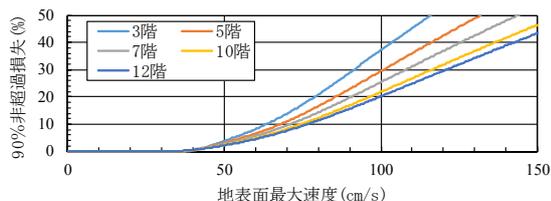


Fig. 5 地震損失関数の評価例 Seismic Loss Function

の地表面最大速度と最大応答層間変形角の関係を Fig.2 に示す。図中には、地表面最大速度と最大応答層間変形角の関係を累乗式で回帰した曲線も示す。また、地表面最大速度と損失平均値ならびに損失の変動係数の関係を、Fig.3 に示す。

2.3 建物の1次固有周期と損失分布の関係

2.2 節で述べた検討を別の1次固有周期を持つ建物でも行い、地表面最大速度ごとに建物の1次固有周期と損失平均値および損失の変動係数の関係を求め、両者を累乗式で回帰する。地震損失データベースの一部として、構造種別がRC造建物、地震地域係数が1.0、地盤種別が第2種地盤のとき、1次固有周期と損失平均値の関係を Fig.4 に示す。このように、地震応答解析を行わずに1次固有周期を用いることで、損失分布を簡易に評価できる。

3. 簡易地震リスクの評価例

構造種別がRC造建物、地震地域係数が1.0、地盤種別が第2種地盤で、建物階数を3~12階に変化させたとき、90%非超過損失の地震損失関数を Fig.5 に示す。ここで、1次固有周期は、階高を3.5mに設定して求めた。建設地を東京、横浜、名古屋、大阪に設定したとき、建設地の地震ハザード曲線を全国地震動予測地図 2017年版³⁾に基づき計算すると Fig.6 となる。地震損失関数と地震ハザード曲線を用いて建物の地震リスク曲線を評価すると、建設地が東京のときは Fig.7 となる。つぎに、建物階数を12階に固定して建設地を変化させたとき、地震リスク曲線は Fig.8 となる。地震リスク曲線を用いて、地震予想最大損失(PML)を計算すると Fig.9 となる。ここで、PMLは50年超過確率10%の地表面最大速度に対する90%非超過損失で定義した。このように、建物条件が同一でも建設地が変化すると、PMLは建設地の地震ハザードに応じ

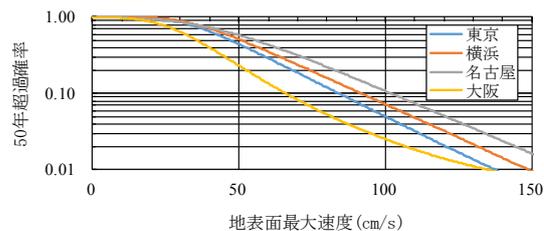


Fig. 6 地震ハザード曲線の評価例 Seismic Hazard Curve

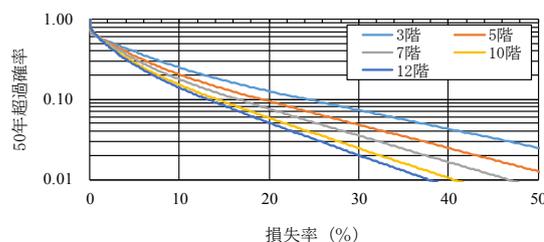


Fig. 7 地震リスク曲線の評価例(東京) Seismic Risk Curve

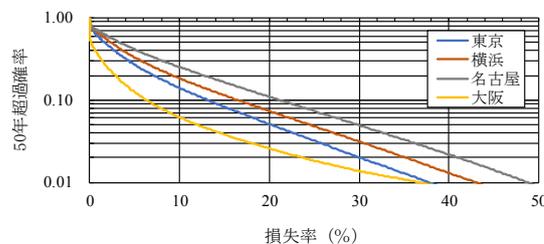


Fig. 8 地震リスク曲線の評価例(12階建物) Seismic Risk Curve

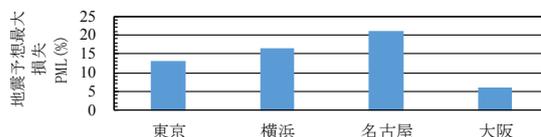


Fig. 9 地震予想最大損失の評価例(12階建物) Probable Maximum Loss(PML)

て変化する。

4. まとめ

新築建物を対象に、建物概要を用いた簡易地震リスク評価法を開発した。これにより、設計の初期段階で地震リスクの概略を把握でき、リスク対策に有効活用できる。

参考文献

- 1) 日本建築学会：地震リスク評価とリスクコミュニケーション，pp. 67-156，2011.6
- 2) 諏訪仁，野畑有秀，関松太郎，若松邦夫，鈴木直子，三橋英二：建物の地震リスク評価法の開発，大林組技術研究所報，No. 68，pp. 61-66，2001.7
- 3) 地震調査研究推進本部：全国地震動予測地図 2017年版，2017.4