

地震応答解析に基づく建物被害関数の構築

東京大学生産技術研究所 正会員 山口 直也
東京大学生産技術研究所 正会員 山崎 文雄

1. はじめに

兵庫県南部地震の後、地震被害想定が盛んに行われてきている。そこでは、想定地震による建物被害の推定も行われており、その際に用いられている建物被害関数はおもに、これまでの地震の際に得られた被害データに基づく経験則的が多い。筆者らもこれまでに、兵庫県南部地震による西宮市の建物被害データと推定地震動分布を用いて建物被害関数を構築した¹⁾が、経験式であるのであらゆる条件を含んだ汎用性に富むものではない。建物には地域特性があり、また地震動特性も地震によって異なってくるので、全国的に行われている地震に対する被害想定などの際には、より一般的、汎用的な形の被害関数の方が望ましい。そういった被害関数を構築するためには、神奈川県²⁾や鈴木・中治³⁾などによって行われているような、入力地震動や建物モデルを仮定した地震応答解析などによって建物の応答変形を計算し、そこから被害率を算定し被害関数を構築するという方法が必要となってくる。そこで本研究では、木造建物をモデル化し兵庫県南部地震で観測された波形を入力して弾塑性応答解析を行い、その結果から建物被害関数の構築を試みた。

2. 地震応答解析

(1) 解析用建物モデル

対象とする建物は木造2階建て住宅で、基礎固定の2質点モデルとする。建物重量は、1層目が20.05tonf、2層目が15.32tonf、1、2階の階高はそれぞれ2.75m、2.5mとする。各層の復元力特性は、図1に示すようなスケルトンを持つ2段階Bi-Linear型とする。図1の履歴ループは、変位が U_{f1} を越えない場合、復元力特性は剛性 K_{e1} のLinear型であり、 U_{f1} を越えても U_{f2} を越えなければ、実線によって示されるBi-Linear型ループ、そしてさらに変位が大きくなり、 U_{f2} を越えた時点で変位と力の関係は点線によって示される第2Bi-Linear型ループ上に推移することを示している。この復元力特性は、神奈川県²⁾のモデルをもとにしている。ここでは、 U_{f1} 、 U_{f2} をそれぞれ、層間変位角で $1/960\text{rad}$ 、 $1/60\text{rad}$ ³⁾としている。第1ループにおける降伏時の耐力 Q_{f1} は、現行の建築基準法施行令に基づき次式によるものとする。

$$Q_{f1} = C_i W_i \quad C_i = Z R_i A_i C_0$$

ここで、 A_i は層せん断力係数、地域係数 $Z=1.0$ 、振動特性係数 $R_i=1.0$ 、 W_i は i 層以上の重量、 C_0 はベースシア係数である。本研究では、ベースシア係数を変化させることにより建物モデル（固有周期）を変化させている。また、 $Q_{f2}=2Q_{f1}$ とし、第2ループは完全弾塑性復元力特性モデルであるとする。減衰は第1、2ループともレイリー型とし、減衰定数は1次モード、2次モードともに0.02としている。

(2) 入力地震動

地震応答解析に用いた入力地震動は、兵庫県南部地震の際に観測された25地点の加速度記録であり、それぞれの地点についてNS、EW成分の2成分を用いている。それらの記録を100～1,000galまでの100gal刻みで規準化して入力地震動として用いている。また、入力地震動が異なった場合の建物被害関数の違いを考察するために、1993年

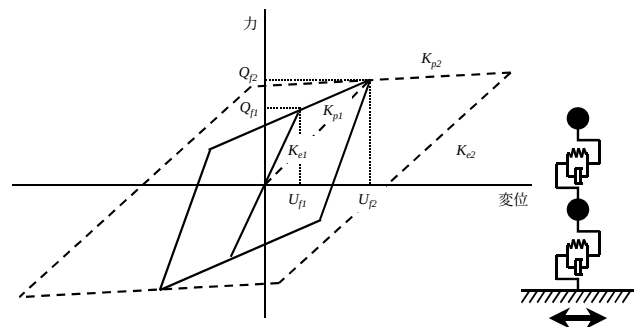


図1 建物モデルの復元力特性

キーワード：建物被害関数 地震応答解析 兵庫県南部地震 釧路沖地震 ベースシア係数

連絡先：〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 TEL:03-5452-6143 FAX:03-5452-6144

釧路沖地震の加速度記録を同様の方法で規準化して用いている。

3. 地震応答解析に基づく建物被害関数

入力地震動の大きさに対する被害ランクの判定は、地震応答解析より求めた1層部分の最大層間変位角の大きさで行う。1/10rad より大きい場合を全壊とし、半壊は 1/30rad より大きく 1/10rad 以下であると考え、規準化したそれぞれの地震動レベルにおいて、入力した 50 波形に対する全壊、半壊数の割合で被害率を計算する。なお被害ランクの値は、東京都⁴⁾の応急危険度判定の基準値をもとに決定している。ここで、ある地震動 x のときに被害率 R 以上が発生する確率 $P_R(x)$ は、標準正規分布の累積確率 $\Phi(x)$ を用いて、対数正規分布で表せると仮定した。すなわち、

$$P_R(x) = \Phi((\ln x - \lambda)/\zeta) \quad x = \text{PGA}, \text{PGV}$$

となる。ここで λ , ζ は、 $\ln x$ の平均値および標準偏差であり、確率紙を用いた最小二乗法により求めた。

図2は、様々なベースシア係数に対する建物被害関数を示したものである。凡例は、左側がベースシア係数、右側が一次固有周期(秒)である。これを見ると、ベースシア係数の小さい建物モデルの方が全壊率が大きくなっているのがわかる。ベースシア係数の大きい建物の方が構造的に強いので、そのことが建物被害関数に表れたと思われる。図3は、兵庫県南部地震と釧路沖地震の両方の地震波による建物被害関数を比較したものである。比較に用いた建物モデルはベースシア係数が 0.8 のものである。最大加速度に関するものは、釧路沖地震の方が被害率が小さくなる傾向を示しているが、最大速度に関するものは、途中で2つの地震による曲線が交わっており最大加速度の場合と傾向が異なっている。地震波の入力方法は同じなので、地震波による関数の違いはスペクトル特性や継続時間などの入力波形特性の違いが表れたものと考えられる。また、地震動指標によっても被害関数が異なるので、地震動指標の選択も重要であると思われる。

4. まとめ

地震被害想定等に建物被害関数を用いる際には、より一般的、汎用的な形の被害関数が望ましいということで、本研究では、木造2階建て建物を仮定して建物モデルを構築し、実際の地震波形を入力して地震応答解析を行い被害関数を構築した。その結果、ベースシア係数の違いによって被害関数に変化すること、入力地震動特性によって被害関数が異なることを確認した。これらのことをふまえた上で新たな解析条件で検討することで、より一般的、汎用的な形の建物被害関数を構築することが可能であろう。

参考文献：

- 1) 山口直也, 山崎文雄 (1999)：西宮市の建物被害調査データに基づく被害関数の構築, 第25回地震工学研究発表会講演論文集, pp.1105-1108.
- 2) 神奈川県 (1984)：神奈川県地震被害想定調査報告書(建築物)。
- 3) 鈴木祥之, 中治弘行 (1997)：強震動下における木造建物の地震応答と耐震性評価, 第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.211-214.
- 4) 東京都 (1995)：防災ボランティア制度に基づく応急危険度判定講習会テキスト。

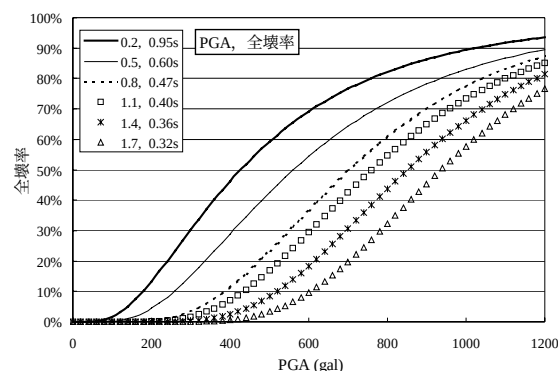


図2 ベースシア係数を変化させたときの建物被害関数

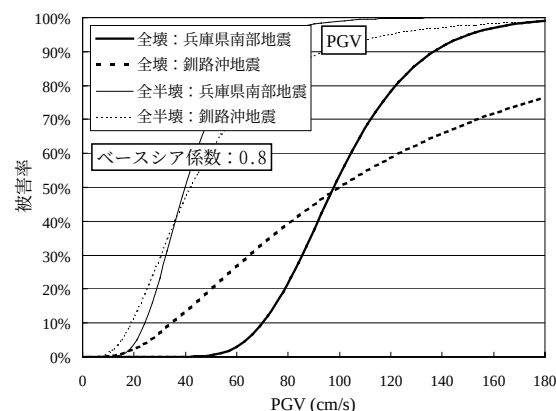
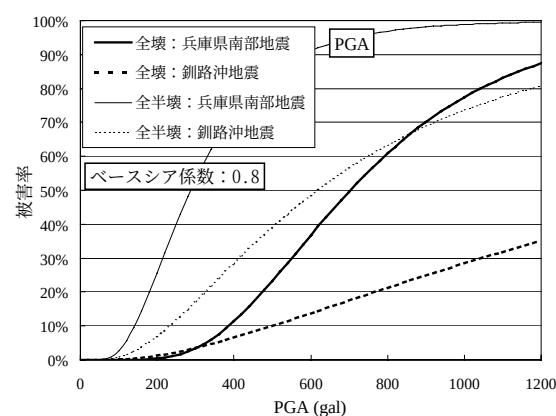


図3 異なる入力波形による建物被害関数の比較