

## 第七章 まとめ・今後の課題

### 1. まとめ

本研究では、最近発生した4地震（2005年福岡県西方沖地震，2007年能登半島地震，2007年新潟県中越沖地震，2008年岩手・宮城内陸地震）における家財被害に関するアンケート調査を実施し，それらの調査結果と既実施の1995年兵庫県南部地震での家財被害アンケート調査結果を基に家財の被害予測手法を構築した。

本研究での検討内容を以下にまとめる。

「第Ⅰ章 研究の概要」では，本研究の背景・目的，検討の概要についてまとめた。

「第Ⅱ章 家財被害と地震動指標の関係の検討」では，家財の地震応答解析を行い，その結果を基に家財被害と相関の高い地震動指標を選定した。ここでは，最大加速度，最大速度，計測震度の3種類の地震動指標を対象として，家財被害の主な発生要因として，家具の転倒と移動挙動に着目し，家具の転倒限界および移動距離と相関の高い地震動指標を調べた。その結果，剛体の転倒の有無を表現する指標としては，最大速度，計測震度，最大加速度の順に適していることがわかった。また，剛体の移動量を表現する指標としても，最大速度または計測震度が適していることがわかった。以上より，家財被害の大きさを表す地震動指標として，最大速度と計測震度を用いることとした。

「第Ⅲ章 家財被害アンケート調査と地震動の推定」では，福岡県西方沖地震，能登半島地震，新潟県中越沖地震，岩手・宮城内陸地震の4地震の家財被害に関するインターネットによるアンケート調査結果に基づき，回答世帯の属性（世帯主の年齢，世帯人数），建物属性（建物階数，構造，建築年代），建物および家財の被害状況について整理し，既実施の兵庫県南部地震の家財被害に関するアンケート調査結果と比較した。その結果，兵庫県南部地震と4地震では，調査方法や調査時期は異なるものの，回答世帯の属性および建物属性はほぼ同様な傾向を示すのに対し，建物被害および家財被害については，兵庫県南部地震では被害を受けたと回答した世帯が他の4地震に比べて高い割合となっていることがわかった。

また，兵庫県南部地震を含む5地震について，アンケート調査により得られた回答世帯の属するメッシュの地表地震動分布を推定した。

「第Ⅳ章 床応答の推定」では，建物応答解析により地表地震動に対する建物の各階の床応答増幅特性（速度増幅率，震度増分）について検討した。ここでは，構造・工法・階数の異なる6種類の建物モデルを設定し，各建物に対して5種類の最大速度を入

力し、解析した。その結果、以下の結論を得た。

#### < 速度増幅率 >

- ▶ 各建物の速度増幅率の高さ方向分布は、ほぼ直線で近似できる。
- ▶ 入力波の A/V の大きさによって、最上階の速度増幅率に違いがある。
- ▶ 入力速度が大きくなるにしたがって速度増幅率は小さくなる傾向がある。
- ▶ いずれの建物においても、建築年代による速度増幅率の差は小さい。

#### < 震度増分 >

- ▶ 各建物の震度増分の高さ方向分布は、ほぼ直線で近似できる。
- ▶ 入力波の A/V の大きさによって、最上階の震度増分に違いがある。
- ▶ 入力速度が大きくなるにしたがって震度増分は小さくなる傾向がある。
- ▶ いずれの建物でも建築年代による震度増分の差は小さい。

以上の結果を踏まえ、家財の被害率算定に用いる速度増幅率モデル（各階の最大速度 / 1 階の最大速度）および震度増分モデル（各階の震度 - 1 階の震度）を設定した。

「第V章 アンケート調査に基づく家財被害率関数の構築」では、兵庫県南部地震、福岡県西方沖地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震、岩手・宮城内陸地震の計5地震の家財被害に関するアンケート調査結果を基に、家財被害関数を構築した。

ここでは、まず、第III章で得られた4地震および兵庫県南部地震のアンケート調査の回答世帯について、推定した地表地震動分布および第IV章で設定した床応答増幅モデルを用いて、地震動指標を速度および震度とした場合の居住階における床応答を推定した。次に、アンケート調査の対象とした各家財品目を耐久財（たんす、冷蔵庫、ストーブなど）と非耐久財（かばん、食器、寝具など）の2つに大別し、さらに家財品目に応じて耐久財を6分類、非耐久財を4分類し、計10種類の家財グループとし、これらの家財グループ別に5地震における家財被害率を建物被害程度別に算定した。その結果、地震によらず建物被害程度と家財被害率に相関性がみられることから、建物の被害程度別に10種の家財グループ別および全家財の被害関数を構築した。

「第VI章 家財被害額の推定例」では、第V章で構築した家財被害関数を用いて、家財被害額推定のケーススタディを行った。地震動の大きさと種類、建物の構造・階数、居住階を変えた計算を行い、これらのパラメータが家財被害額に与える影響を調べた。その結果、家財被害額は、震度や建物被害が大きくなるほど、顕著に大きくなることがわかった。また、同じ高層建物内でも、上階に住む世帯ほど家財被害額が大きくなることがわかった。

## 2. 今後の課題

以下に今後の課題をまとめる。

### ○ 家具の固定による家財被害率への影響

本研究で構築した家財被害関数では、既実施の家財の所有・設置状況に関する調査結果より、家具の固定率が概して低いこと、また、固定されている家具の半分程度は転倒防止効果が十分ではないと考えられる簡易な方法での固定であったことから、家具の固定の有無は考慮していない。今後、大型家具や家電機器等の効果的な固定が普及すれば、家財被害率も低減すると考えられるため、家具の固定による影響を考慮することも考えられる。

### ○ 床応答増幅モデルの検証

本研究では、アンケート回答世帯の居住階での床応答を推定するため、建物応答解析を実施して床応答増幅モデルを設定した。第IV章3-4に記述したように、設定した床応答増幅モデルの妥当性はある程度確認されているが、今後、実建物の地震観測や実物大建物モデルの振動台実験から、各階床応答の速度増幅率や震度増分のデータが蓄積されれば、本研究で設定した速度増幅率モデルや震度増分モデルの検証を行い、モデルの精度向上につながると考えられる。

### ○ 広範囲の震度・速度領域の被害率データの充実

建物被害別の家財被害関数では、回帰に用いたデータの範囲外にまで関数を外挿して適用しようとする、場合によっては、建物「全損」での家財被害率が建物「一部損・半損」での家財被害率よりも小さくなるような、建物被害と家財被害の関係が逆転する可能性も出てくる。今後、速度または震度の小さいところでの建物全損のデータ、速度または震度の大きいところでの建物無被害のデータがさらに増えれば、広範囲でより精度の高い被害関数の構築が可能になると考えられる。

### ○ 家財被害に関するデータの充実

今回得られた家財被害に関するアンケート調査結果を用いて、建物被害と家財被害の関係を分析した結果、地表面での揺れが同じ速度または震度の場所に建つ建物でも、構造被害を受けた建物と無被害の建物では、家財被害の大きさが異なる傾向がみられた。この理由としては、構造被害の大きい建物では床応答の増幅も大きかった可能性や、天井や壁の損傷等が直接的に家財被害に影響を与えた可能性などが考えられるが、本研究の範囲内で、その理由を明確にすることはできなかった。今後この理由を明らかにするためには、さらなる調査が必要と考えられ、このような家財の損傷理由に関する調査には、アンケート調査よりも、対象世帯を訪問してのヒアリング調査の方が適している

考えられる。

また、今回の分析では、建物被害が一部損以上となった場合の家財被害に関するデータ数は必ずしも十分とはいえず、特に建物被害が全損の場合のデータについては、兵庫県南部地震でのみ得られており、今後の地震被害に関するアンケート調査等によるデータの充実が課題として挙げられる。