

阪神・淡路大震災における建物被害調査結果の分析

Physical damage level comparison of the damage assessments results in the Hanshin-Awaji
Earthquake Disaster

牧 紀男¹、堀江 啓¹、林 春男^{1, 2}、田中聡²

Norio MAKI¹, Kei HORIE¹, Haruo HAYASHI^{1,2}, Satoshi TANAKA²

1 防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター

Earthquake Disaster Mitigation Research Center, NIED

2 京都大学防災研究所

DPRI, Kyoto University

Four-category building damage classification scheme has been used for the index of individual assistance in Japan. However, there are many troubles about this damage assessment. Construction of damage assessment system with both accurate and effective is essential factor for effective disaster management to reduce the suffering of victims. This paper deals with the accuracy of building damage assessment. The first step to establish the damage assessment system that makes the accurate building damage assessment possible is to know physical situation of damage assessment results and critical damage patterns in damage assessment. This paper clarifies that 1) the characteristics of the damage assessment by local government, 2) a physically critical damage pattern in damage assessment.

Key Words : Damage Criteria, Damage Assessment, Hanshin-Awaji Earthquake Disaster, and Disaster Management

1. はじめに

日本では建物被害程度に基づいて罹災証明が発行され、この罹災証明に基づいて被災者に対する様々な支援が行われる。しかし、罹災証明を発行するための建物被害調査については様々な問題点が指摘されている¹⁾²⁾³⁾。こういった問題が発生する原因は大きくは以下の2つに分類することができる¹⁾。1)被害調査・罹災証明発行に関わるマネージメントシステムの不備：罹災証明の発行目的が被災者に周知されていない、応急危険度判定の調査結果との混同、調査員の動員等、2)調査結果の精度が悪い：被害認定基準が具体性に欠ける、建築の専門家でない一般の行政職員が調査を行う、等。

罹災証明発行のための調査は被災者にとって最も重大な問題である「すまい」の再建⁴⁾に関わる災害対応の第1歩であり、効率的かつ正確な調査が行われる必要がある。筆者らのグループは、こういった観点から建物被害調査のプロセスを含めてトレーニングが可能な建物被害調査トレーニングシステム(Damage Assessment Training System, DATS)(以下DATS)の開発を行っている。これまでに、調査のマネージメントシステム¹⁾、調査項目³⁾に関わる問題については明らかにしてきており、こういった研究に基づきマネージメントシステムについての提案⁵⁾を行っている。本論文では罹災証明発行のための調査の第2の問題点である調査結果の精度の問題について論じる。本論文の成果を踏まえ、正確な調査を行うためのトレーニングシステムの開発を行いたい。

調査精度について論じるためには、まず、阪神・淡路大震災後の自治体による罹災証明発行のための調査で、こういった被害の建物がこういった被害認定を得たのかについて明らかにする必要がある。本論では最初に、1)阪神・淡路大震災の自治体による罹災証明の発行のための調査(以

下、自治体調査)と日本都市計画学会関西支部、日本建築学会近畿支部の震災復興都市づくり特別研究委員会、兵庫県都市住宅部による被害調査(以下、震特委員会調査)による調査結果、調査時に撮影された写真の比較から自治体調査の結果の性質について考察する。さらに、2)効率的なトレーニングシステムを構築するという観点から、こういった被害の建物が誤って被害認定される可能性が高いのか、また、こういった被害パターンについて重点的にトレーニングを行う必要があるのか、について明らかにする。

2. 建物被害調査結果の相互比較

阪神・淡路大震災後、多くの機関がそれぞれの被害認定基準に基づき建物被害調査を行った。調査結果のいくつかはGISデータベースとして整理されている。しかし、これらのGISデータベースは個別に作成されており、調査結果を相互に参照する事はできない。これはGISソフトウェアが異なる事が原因ではなく、建物枠に関わる基本地図が異なっているという事が原因となっている⁽¹⁾。防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター(以下EDM)では、この問題を解決するために建物枠を単位とし、阪神・淡路大震災に関わるあらゆるデータをリンクする西宮Built Environmentデータベース⁶⁾の構築を行っている。このデータベースの基本的な考え方は災害対応、復旧・復興対策の基本単位である建物一棟を基本単位として、1)バルナビリティ：地盤、建物情報、都市計画地図、2)ハザード：地震動、3)被害：死者、建物被害、4)事後対策：避難所、応急仮設住宅、公費解体のデータを相互に参照可能な形式でリンクするというものである。その結果、異なった建物被害調査結果の相互比較が可能になった。本データベースがリンクしている建物被害調査結果は1)西宮市の罹災証明発行のための被害調査(以下西宮市調査)、2)震特委員会調査、3)神

戸大学工学部建設学科土木教室兵庫県南部地震学術調査団による調査⁹⁾(以下、神戸大調査)である。これらの被害調査結果に加えて11,426枚の震特委員会調査時に撮影された写真がリンクされている。被害データのリンク状況を図1に示す。

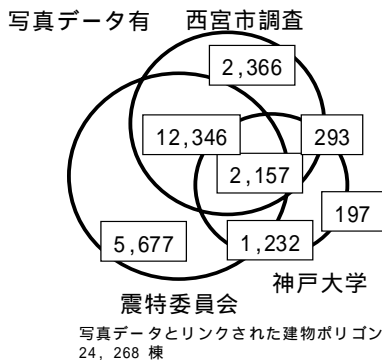
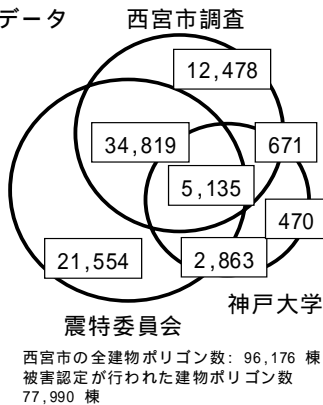
震特委員会調査、西宮市調査、神戸大調査の全てで相互に参照可能になったデータは5,135棟、震特委員会調査と西宮市調査で相互に比較可能なデータ39,954棟、震特委員会調査と神戸大調査では7,998棟であった。また写真も含めて3調査全てを参照可能なデータは2,157棟、震特委員会調査と西宮市調査では14,503棟であった。神戸大調査のデータ数は他の2つの調査データに比べて少なく、本論考では西宮市調査、震特委員会調査の2つのデータを用いる事とする。

建物被害調査結果相互の比較は、建設省建築研究所(現在、独立行政法人建築研究所、以下、建研)も行っている¹⁰⁾。建研は、緊急危険度判定⁽²⁾、応急危険度判定、日本建築学会兵庫県南部地震被害調査WGによる調査、震特委員会調査間相互の調査結果の比較を行っているが、本論で対象としている自治体による罹災証明発行の調査についての検討は行っていない。

3.自治体調査の調査結果の性質

最初に自治体調査と震特委員会調査の調査結果の比較を行い、自治体調査の被害認定結果の性質について明らかにする。村尾ら²⁾は、自治体の調査結果と震特委員会による調査結果の1棟毎の比較を芦屋市を対象として行い、その結果、芦屋市の全壊判定は震特委員会の中破以上とほぼ等しく、半壊判定が震特委員会の軽微な損傷以上とほぼ等しい事を明らかにしている。また、伊丹市、尼崎市、宝塚市、西宮市、芦屋市、灘区において自治体調査の被害率と震特委員会調査の被害率の比較から同様の傾向がある事も指摘している¹¹⁾。

図1 西宮 Built Environment データベースの被害データ



西宮市と震災特別委員会の調査結果のクロス集計を表1に示す。表1から西宮市調査においても震特委員会調査より1ランク高い傾向にある事が分かる。

これは、震特委員会が学術調査であるのに対し、西宮市が生活再建にある事によると考えられる³⁾。しかし、西宮市調査「全壊」では対応する震特委員会調査結果の「軽微な損傷」が、「中程度の損傷」とほぼ同数あり検討を要する。

また、西宮市で公費解体された建物は17,151棟に及び、全て「全壊」と認定されており、全壊以外で公費解体された建物が自治体調査の結果に影響を与えていると考えられる。西宮 Built Environment データベースでは、公費解体のデータの入力も行っており公費解体された建物に関して震特委員会の被害結果との関係について分析を行った。その結果、西宮市調査「全壊」の内、震特委員会調査「中程度の損傷」の74.6%、「軽微な損傷」の62.5%、「外観上被害なし」の49.5%が公費解体されている事が明らかになった。ただし、現在入力済みのデータは公費解体を効率的に行う目的で公費解体対象家屋の位置を特定するために作成されたデータであり「対象家屋」「申込み済」「同意済」「作業完了」「公費解体に変更」「個人解体に変更」「解体取止め、補修に変更」というカテゴリーのデータから構成されており、実際に解体されたかどうかについて確認する必要がある。現在、航空写真を用いて確認作業を行っているが「申込み済」データの9割、「対象家屋」の約7割が実際に解体を行っている事が確認されており、公費解体された建物が西宮市調査のデータに影響を与えている事は間違いない。公費解体された建物が実際にどういった被害であったのかについては、確認作業の終了後、詳細な分析を行いたい。

以上の分析の結果、西宮市の調査結果と震特委員会調査との関係について以下のような性質がある事が明らかになった(表1)。

- 1) 「全壊」が震特委員会の「中程度の損傷」以上、「半壊」が震特委員会の軽微な損傷以上とほぼ等しい。
- 2) 外観目視調査では調査不可能な被害が存在する。
- 3) 公費解体の影響がある。
- 4) 罹災証明の発行依頼を行った場合の最低基準が一部損壊である事からデータが整合しない。
- 5) データマッチングのミス⁽³⁾が存在する。

上記の傾向が自治体による罹災証明発行のための調査に共通する性質である事を確認するため芦屋市/震特委員会(表2)、西宮市/震特委員会のクロス集計データ相互のカイ2乗検定を行った。ただし、芦屋市のデータでは一部損壊、火災、不明というカテゴリーが無く、この3つのカテゴリーを除いたデータでカイ2乗検定を行った。検定の結果、カイ2乗値は0.122であり、自由度6の出現確率0.05におけるカイ2乗値は12.592である事から、有意水準5%で帰無仮説を採択し、芦屋市と西宮市では同じ傾向がある事が明らかになった⁽⁴⁾。

表1 西宮市と震特委員会の調査結果のクロス集計

| | | 震特委員会 | | | | | 総数 | |
|-----|------|---------|--------|-------|-----------|---------|------|-------|
| | | 全壊または大破 | 中程度の損傷 | 軽微な損傷 | 外観上の被害がなし | 火災による損傷 | | 不明 |
| 西宮市 | 全壊 | 4186 | 2529 | 2506 | 1189 | 35 | 318 | 10763 |
| | 半壊 | 262 | 1397 | 4483 | 3253 | 4 | 267 | 9666 |
| | 一部損壊 | 175 | 415 | 3267 | 14237 | 4 | 987 | 19085 |
| | 無被害 | 43 | 33 | 80 | 243 | 0 | 41 | 440 |
| 総数 | | 4666 | 4374 | 10336 | 18922 | 43 | 1613 | 39954 |

データマッチングの問題等
 外観目視の限界or公費解体

外観目視の限界
 罹災証明の最低基準は一部損壊

4. 西宮市調査「全壊」の破壊パターン

(1) 破壊パターンの記述

さらに詳細に西宮市調査の被害結果が実際どのような被害であったのかについて分析するために、西宮市調査で「全壊」と認定された建物について震特委員会調査時に撮影された被害写真データを用いて再度、被害認定を行う。

写真を持つデータの数は限られており、写真を持つデータがデータ全体と同じ傾向を持っている事を確認するために、全データ(表1)と写真を持つデータ(表3)の間のカイ2乗検定を行った。カイ2乗値は0.021であり、自由度数15の出現確率0.05におけるカイ2乗値は24.996である事から、有意水準5%で帰無仮説を採択し、写真を持つデータは全データと同じ傾向を持つ事が確認された⁽⁵⁾。

各建物の破壊パターンの認定は、本論文の主著者の2人が独立に行った。2人の認定結果がずれた場合には2人合同で再度検討を行い、最終的に表4に示す結果を得た。写真を用いて破壊パターンの認定を行った棟数は3,928棟である。

写真の被害程度を記述するために岡田ら⁽¹²⁾が開発した破壊パターンチャートを利用した。この破壊パターンチャートは建物の倒壊過程を人的被害の発生という観点からチャート化したもので、調査者が間違いなく建物被害認定を行う事を目的として開発されている。このチャートは破壊パターンをダメージグレード;0-5+、と破壊形式の組み合わせで記述する仕組みになっている。

ただし、本チャート利用する際、検討を要すると考えられる点が2点存在した。一つは屋根被害(Rd)に関しては写真1に示すように、岡田らの作成したチャートから考えるとダメージグレード4と考えられる明らかに被害が大きい事例が存在する事である。しかし、ダメージグレードの定義では復旧可能な場合はランク3以下であるという事になっており⁽¹²⁾、屋根被害の復旧可能性について検討を行った。復旧可能であるという事の定義は様々であるが、罹災証明発行の場合は経済的な観点から被害認定が行われており、補修費用<再建費用の場合を復旧可能と考える事にする。罹災証明の判定基準では、家屋の損害額が50%以上が全壊、20%以上50%未満が半壊、20%以下が一部損壊と定義されている⁽¹³⁾。この考え方に基づいて神戸市では阪神・淡路大震災後、「被害家屋調査要領」を作成している。この調査要領によると屋根の被害額が全体の被害に占める割合は最大でも15%にすぎず、写真1のような屋根被害であっても補修費用>再建費用

となることはない。従って、屋根被害だけでは、ダメージグレード4になる事は無い事が明らかになった。このような事例の場合でもRd3という認定になる事を明記する必要があると考えられる。2つめは、Cd5-とGd・Ud5+との関係である。絶対的な被害程度から考えるとCd5->Ud5+であるにも関わらず、ダメージグレードについては5-と5+で逆転しており、これについても検討を要する。

(2) 西宮市調査で「全壊」と認定された建物の破壊パターン

表5に西宮市調査で「全壊」と判定された建物の各破壊パターンの割合(表4の「撤去」、「修理中」、「地盤災害」、「不明」、「その他」のカテゴリーを除いた中での割合)を示す。メッシュされたセルは割合が3%以上のセルであり、この破壊パターンだけで全体の80.6%を占める。西宮市調査で「全壊」と認定された建物は、破壊パターンはMd1>Gd4>Gd3>Md2が多く、破壊形式としてはGdとMd、ダメージグレードとしては、1、3、4が多い事が明らかになった。西宮市で公費解体された建物は、全て「全壊」と認定されており、自治体調査の一部損壊に当たるダメージグレード1が⁽⁶⁾多い原因は

表4 写真を用いた被災度認定結果

| | 西宮市/震特委員会 | | | |
|------|-----------|-------|----------|--|
| | 全壊/大破 | 全壊/中破 | 全壊/軽微な被害 | |
| Md1 | 10 | 143 | 175 | |
| Md2 | 27 | 102 | 40 | |
| Ud3 | 5 | 17 | 9 | |
| Gd3 | 36 | 109 | 42 | |
| Ed3 | 31 | 29 | 8 | |
| Rd3 | 11 | 11 | 2 | |
| Ud4 | 23 | 4 | 3 | |
| Gd4 | 259 | 35 | 20 | |
| Ed4 | 83 | 8 | 5 | |
| Ud5- | 11 | 0 | 0 | |
| Ud5+ | 15 | 3 | 0 | |
| Gd5- | 132 | 8 | 8 | |
| Gd5+ | 73 | 3 | 2 | |
| Cd5- | 42 | 2 | 0 | |
| Cd5+ | 72 | 3 | 0 | |
| SMd1 | 1 | 13 | 10 | |
| SMd2 | 3 | 10 | 5 | |
| Sd3 | 0 | 6 | 3 | |
| SRd3 | 9 | 4 | 2 | |
| Sd4 | 19 | 4 | 1 | |
| Sd5 | 10 | 1 | 0 | |
| D1 | 0 | 3 | 14 | |
| D2 | 1 | 9 | 5 | |
| D3 | 16 | 10 | 7 | |
| D4 | 21 | 4 | 0 | |
| D5 | 13 | 1 | 1 | |
| 撤去 | 171 | 9 | 6 | |
| 修理中 | 14 | 9 | 8 | |
| 地盤被害 | 3 | 1 | 0 | |
| 不明 | 690 | 572 | 607 | |
| その他 | 11 | 0 | 0 | |
| 合計 | 1812 | 1133 | 983 | |
| 総計 | | 3928 | | |

表2 芦屋市と震特委員会の調査結果のクロス集計 (棟)

| | | 震特委員会 | | | | 総数 |
|-----|-----|---------|--------|-------|-----------|-------|
| | | 全壊または大破 | 中程度の損傷 | 軽微な損傷 | 外観上の被害がなし | |
| 芦屋市 | 全壊 | 2150 | 624 | 481 | 153 | 3408 |
| | 半壊 | 186 | 654 | 1861 | 1296 | 3997 |
| | その他 | 28 | 145 | 896 | 3664 | 4733 |
| 総数 | | 2364 | 1423 | 3238 | 5113 | 12138 |

(出典: 村尾他(2000))

表3 写真を持つデータにおける西宮市と震特委員会の調査結果のクロス集計

| | | 震特委員会 | | | | | | 総数 |
|-----|------|---------|--------|-------|-----------|---------|-----|-------|
| | | 全壊または大破 | 中程度の損傷 | 軽微な損傷 | 外観上の被害がなし | 火災による損傷 | 不明 | |
| 西宮市 | 全壊 | 1812 | 1133 | 983 | 342 | 13 | 99 | 4382 |
| | 半壊 | 81 | 538 | 1757 | 1071 | 4 | 79 | 3530 |
| | 一部損壊 | 52 | 156 | 1204 | 4852 | 4 | 157 | 6425 |
| | 無被害 | 21 | 13 | 30 | 94 | 0 | 8 | 166 |
| 総数 | | 1966 | 1840 | 3974 | 6359 | 21 | 343 | 14503 |

今回、写真から被害認定を行ったデータ

公費解体にあると考えられる。暫定的なデータではあるが、西宮市調査「全壊」/震特委員会調査「軽微な被害」の内62.5%が公費解体されている。しかし、これは西宮市調査結果についての分析であり他の自治体については更なる検討が必要である。

自治体調査結果と震特委員会調査結果の比較から自治体、震特委員会調査結果に公費解体の影響、外観目視のみによる調査、の影響が存在する事が明らかになった。しかし、両調査において1ランク程度の調査結果のばらつきが存在する事も予想される。以下、被害写真による被害程度の認定結果と人為的な被害認定結果の調整が行われていない震特委員会の調査結果の比較からどのような調査結果のばらつきが存在するのか検討する。

5. 建物調査結果のばらつき

(1) ダメージグレードと震特委員会調査の被害認定基準

以下、震特委員会調査の調査結果と写真から読みとった破壊パターンを比較し、被害認定を行う上で重要な破壊パターンについて検討を行う。最初にダメージグレードと震

表5 各破壊パターンの割合

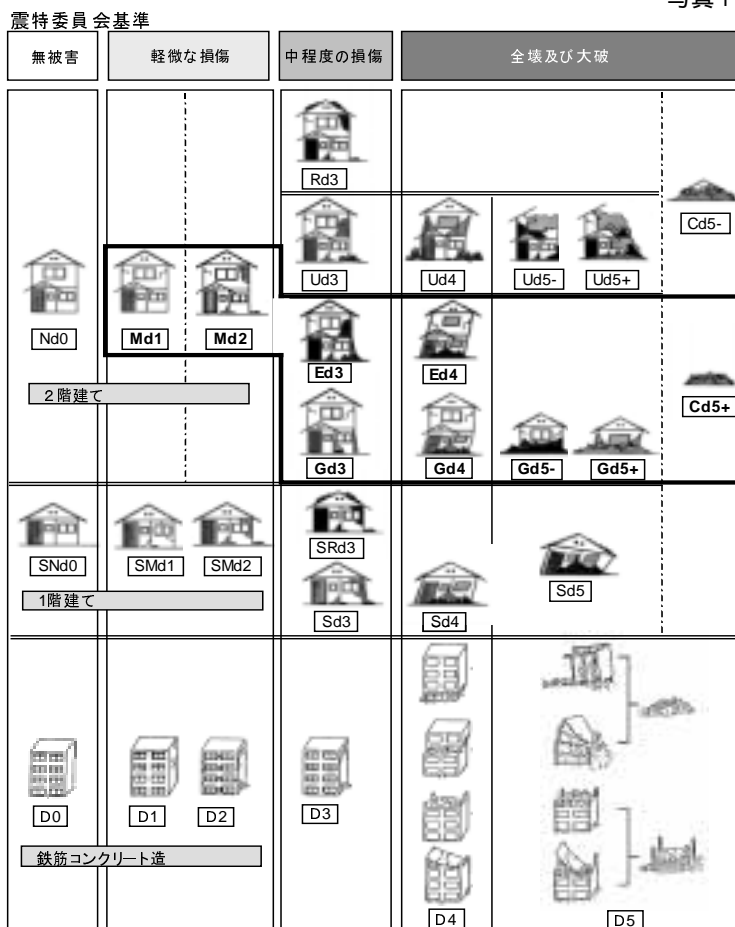
| | Cd | Rd | Ud | Ed | Gd | Md | SRd | Sd | SMd | D | 全体 |
|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|--------|
| 5,5+ | 4.1% | | 1.0% | | 4.3% | | | 0.6% | | 0.8% | 10.8% |
| 5- | 2.4% | | 0.6% | | 8.1% | | | | | | 11.1% |
| 4 | | | 1.6% | 5.3% | 17.2% | | | 1.3% | | 1.4% | 26.8% |
| 3 | | | 1.3% | 1.7% | 3.7% | 10.2% | 0.8% | 0.5% | | 1.8% | 20.1% |
| 2 | | | | | | 9.3% | | | 1.0% | 0.8% | 11.1% |
| 1 | | | | | | 18.0% | | | 1.3% | 0.9% | 20.2% |
| 全体 | 6.5% | 1.3% | 4.9% | 9.0% | 39.8% | 27.2% | 0.8% | 2.4% | 2.3% | 5.7% | 100.0% |

特委員会調査の被害程度の関係について明らかにしておく。岡田らは¹²⁾、ダメージグレードと1)建築被害程度判定標準(学術研究会議)2)自治体統計¹³⁾(総審第115号(1968):罹災証明発行のための調査)3)被害ランク¹⁴⁾(日本建築学会(1978):宮城県沖地震のRC被害に使用)4)応急危険度判定¹⁵⁾との対応については明らかにしているが、震特委員会調査の被害程度との関係については検討していない。

震特委員会調査の被害認定基準は「震災建築物の被災度判定基準及び復旧指針」¹⁶⁾と静岡県、神奈川県等の応急危険度判定マニュアルを参考にして作成された⁷⁾が、傾斜角(5度以上が大破)に関する基準が応急危険度判定調査と異なっている。しかし、調査時には角度を計測する事はほとんど行われておらず、また、調査時のレクチャーでは復旧不可能な被害が「大破」、復旧可能であれば「中程度の損壊」、一部でも壊れていれば「軽微な被害」と認定するという説明が行われており⁸⁾(ダメージグレードによると復旧可能な建物は3以下)傾斜角の違いは影響を与えていないと考えられる。従って、応急危険度判定の被害認定基準(隣接建築物・周辺地盤の破壊による危険度、落下物・転倒危険物に関する



Rd SRd
写真1 甚大な屋根被害の事例



□ 主要な破壊パターン

図2 破壊パターンチャート(岡田他¹²⁾より作成)

危険度を除く)と同様にダメージグレード1、2 = 「軽微な被害」、ダメージグレード3 = 「中程度の被害」、ダメージグレード4、5 = 「大破」に対応するものとする。

(2)被害認定の難しい破壊パターン

表6に写真からの被害認定結果と震特委員会調査結果の関係を示す。写真による被害認定結果の各破壊パターンのダメージグレードと震特委員会調査の被害程度が一致するセルにメッシュをかける。このメッシュ内の数字は、写真による被害認定結果と震特委員会の調査結果の整合度を表している。また、この数字は各破壊パターンにおける認定精度、すなわち各破壊パターンの認定の容易さを表していると考えられる。

木造建築物について最も認定が難しい破壊パターンはMd2であり、以下SMd2、SRd3、Smd1、Ed3、Rd3と続き、容易に判定可能なのはUd5-、Cd5+、Cd5-である事が明らかになった。表7に各破壊パターンにおける整合度を示す。木造建築物については、ダメージグレード3-5+のほとんどの破壊形式でモードが一致している。しかし、ダメージグレード1-2においては一致せず、震特委員会の調査結果が1ランク高く出る傾向がある。すなわち、専門家による被害認定でも木造のダメージグレード1-2程度の被害では、1ランク高い被害認定結果を出す傾向があり、これは自治体調査と同じ傾向である。専門家による被害認定でも木造のダメージグレード1-2程度の被害では認定にバイアスがかかる事が分かり、専門家であっても被害認定が難しいという事が分かる。また屋根被害についても過大評価され易い傾向がある事が明らかになった。

非木造建築物については、ダメージグレード4-5+について全ての破壊形式でモードが一致しているが、3以下のダメージグレードについては一致しない。非木造については、専門家であってもダメージグレード3以下の判定は難しいという事が明らかになった。

(3)被害認定を行う上で重要な建物破壊パターン

これまでの研究で社会的側面から見た場合、重要な被害認定上の区分は半壊以上と半壊以下(ダメージグレード3の中に境界が存在する⁽⁹⁾)である事を明らかにしてきており¹⁾、本研究では物理的な側面から見て重要な破壊パターンについて考察する。

主要な破壊パターン(Cd5+、Gd5+、Gd5-、Gd4、Ed4、Gd3、Ed3、Md2、Md1)(この破壊パターンだけで全体の80%以上を占める)、専門家でも間違い易い破壊パターン(SRd3、Md2、SMd2、Smd1、D3、D2)は、被害認定を行う際に重要な建物被害パターンであるという事ができる。木造建物についてこれらの破壊パターンを整理し写真4に示す。このような被害パターンを正確に見分けられるようにする事が建物調査の精度向上を行う上で最も重要であり、こういった建物被害の認定に関するトレーニングが重要である。

6. まとめ

本論文では西宮市を事例として自治体調査の調査結果、震特委員会調査の調査結果、被害写真から見た被災度の比較を行い、以下のような結果を得た。

- 1)自治体調査の「全壊」が震特委員会の「中程度の損傷」以上、自治体調査の「半壊」が震特委員会の軽微な損傷以上とほぼ等しい。
- 2)外観目視調査では調査不可能な被害が存在する。

- 3)自治体調査の被害認定結果には公費解体の影響がある。
- 4)西宮調査で「全壊」と認定された建物のダメージグレードは1、3、4、破壊形式はGd、Mdが多い。
- 5)木造建築物のダメージグレード1-2程度の被害は専門家でも認定が難しい。
- 6)屋根被害について1ランク高い被害認定結果を出す傾向がある。
- 7)非木造建築物のダメージグレード1、2、3程度の被害は専門家でも認定が難しい。
- 8)専門家による被害認定でも木造のダメージグレード1-2程度の被害では、1ランク高い被害認定結果を出す傾向がある。

本結果から、専門家による被害認定でもバイアスがかかる傾向がある事が分かり、非木造建築物のダメージグレード1-2の被害認定を行う際には専門家であっても訓練が必要である事が明らかになった。また一方で、専門家と行政職員もバイアスの傾向は同じであり、行政職員も訓練を行えば被害認定を行う事

表6 写真からの被害認定結果と西宮市調査・震特委員会調査結果の関係

| 破壊パターン | 各破壊パターンの全体に占める割合 | | 各破壊パターンにおける割合 | | |
|--------|------------------|--------|---------------|-------|----------|
| | 全壊/大破 | 全壊/中破 | 全壊/軽微な被害 | 全壊/中破 | 全壊/軽微な被害 |
| 木造 | | | | | |
| Cd5+ | 3.1% | 5.0% | 93.8% | 6.2% | 0.0% |
| Cd5- | 1.8% | | 92.9% | 7.1% | 0.0% |
| Gd5+ | 3.3% | 11.5% | 89.6% | 5.9% | 4.5% |
| Gd5- | 6.5% | | 82.7% | 8.0% | 9.2% |
| Ud5+ | 0.8% | 11.5% | 75.8% | 24.2% | 0.0% |
| Ud5- | 0.4% | | 100.0% | 0.0% | 0.0% |
| Sd5 | 0.5% | 21.1% | 86.2% | 13.8% | 0.0% |
| Gd4 | 14.3% | | 73.6% | 15.9% | 10.5% |
| Ed4 | 4.3% | 21.1% | 79.0% | 12.2% | 8.8% |
| Ud4 | 1.4% | | 65.9% | 18.3% | 15.8% |
| Sd4 | 1.1% | 20.2% | 69.7% | 23.5% | 6.8% |
| Gd3 | 11.7% | | 12.5% | 60.6% | 26.9% |
| Ed3 | 3.7% | 20.2% | 33.6% | 50.3% | 16.0% |
| Ud3 | 2.0% | | 10.3% | 55.7% | 34.0% |
| Rd3 | 1.3% | 20.2% | 34.1% | 54.5% | 11.4% |
| Sd3 | 0.6% | | 0.0% | 63.4% | 36.6% |
| SRd3 | 0.8% | 11.9% | 47.2% | 33.5% | 19.3% |
| Md2 | 10.7% | | 10.2% | 61.8% | 27.9% |
| SMd2 | 1.1% | 24.5% | 10.6% | 56.7% | 32.7% |
| Md1 | 22.8% | | 1.8% | 40.7% | 57.5% |
| SMd1 | 1.6% | 100.0% | 2.5% | 51.7% | 45.8% |
| 非木造 | | | | | |
| D5 | 0.7% | 1.8% | 79.1% | 9.7% | 11.2% |
| D4 | 1.1% | 1.8% | 76.7% | 23.3% | 0.0% |
| D3 | 1.8% | 1.8% | 35.6% | 35.6% | 28.7% |
| D2 | 1.0% | 2.2% | 4.1% | 58.5% | 37.5% |
| D1 | 1.2% | 2.2% | 0.0% | 15.7% | 84.3% |
| | 100.0% | 100.0% | | | |

破壊パターンのダメージグレードに対応する震特委員会の被害程度のセル
 モードが一致しないセル
 主要な破壊パターン

表7 各破壊パターンにおける整合度 (%)

| | Cd | Rd | Ud | Ed | Gd | Md | SRd | Sd | SMd | D |
|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5,5+ | 93.8 | | 75.8 | | 89.6 | | | 86.2 | | 79.1 |
| 5- | 92.9 | | 100.0 | | 82.7 | | | | | |
| 4 | | | 65.9 | 79.0 | 73.6 | | | 69.7 | | 76.7 |
| 3 | | 54.5 | 55.7 | 50.3 | 60.6 | | 33.5 | 63.4 | | 35.6 |
| 2 | | | | | | 61.8 | | | 56.7 | 37.5 |
| 1 | | | | | | 57.5 | | | 45.8 | 84.3 |
| 平均 | 93.4 | 54.5 | 74.4 | 64.7 | 76.6 | 59.7 | 33.5 | 73.1 | 51.3 | 62.6 |

主要な破壊パターン 一致しない破壊パターン



写真2 注意して調査する必要がある破壊パターンが可能である事を示唆している。

補注

- (1) 建物被害GISデータベース間相互のデータマッチングの問題点については、糸井川他^{7),8)}に詳しい。
- (2) 「緊急危険度判定」とは、発災直後に行われた明らかに危険な建築物に「使用禁止(黒紙)」という張り紙を張った危険度判定調査である。
- (3) データマッチングのミスについては、1)課税台帳データリンクの問題、2)震特委員会・西宮データのポリゴン化ミス、3)震特委員会のデータベース化ミスが存在した。データマッチングミス以外のデータについて、震特委員会調査「大破」/西宮市調査「一部損壊」、「無被害」の建物について写真を用いて実際の被害程度の検討を行った。西宮調査「一部損壊」の場合、震特委員会の過大評価、西宮市の過小評価と考えられるデータが10例存在した。また、西宮市調査「無被害」については西宮市の過小評価と考えられるデータが10例存在したが、伝統的建築物(社寺・仏閣・レンガ倉庫)が4例を占め、用途との関係が考えられ今後の検討課題としたい。
- (4) カイ2乗検定を行った場合、ベーターエラー(タイプ2エラー)が発生している可能性は否定できない。しかし、アルファエラー(タイプ1エラー)の危険率を上げると、ベーターエラー(タイプ2エラー)の危険率が下がる事が一般的に知られている。従って、アルファエラーの確率を上げた場合においても帰無仮説を採択するかどうかについても検討を行った。自由度6の場合の出現確率50%のカイ2乗値は5.35であり、有意水準50%にお

- いても帰無仮説を採択する事からベーターエラー(タイプ2エラー)の可能性は低いと考えられる。
- (5) 自由度15の場合の出現確率50%のカイ2乗値は14.34であり、有意水準50%においても帰無仮説を採択する事からベーターエラー(タイプ2エラー)の可能性は低いと考えられる。
- (6) 岡田らのチャート¹²⁾のダメージレベルと自治体の被災度との対応は、ランク1が一部損壊、ランク2とランク3の一部が半壊、ランク3の一部とランク4、5が全壊となっている。
- (7) 調査マニュアルを作成した神戸大学室崎先生からのご教示による。
- (8) 神戸大学大西先生からのご教示による。
- (9) 岡田¹²⁾は、ダメージグレード3の中に半壊・一部損壊の区分が存在する事の問題について言及している。

参考文献

- 1) 小檜山雅之, 堀江啓, 牧紀男, 林春男, 田中聡: 災害対応としての建物被害認定過程に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第531号, pp.189-196, 2000.
- 2) 村尾修, 山崎文雄: 兵庫県南部地震における建物被害の自治体による調査法の比較検討, 日本建築学会計画系論文集, No.515, pp.187-194, 2000.
- 3) 堀江啓, 牧紀男, 林春男: 震災における木造建物の被害調査技術の開発 - 調査目的と調査項目 -, 地域安全学会論文集, No.2, pp.139-152, 2000.
- 4) 震災復興総括検証研究会: 神戸市震災復興総括・検証生活分野報告書, p.15, 2000.
- 5) K. Horie, N. Maki, H. Hayashi, M. Kohiyama, K. Shigekawa & S. Tanaka, Framework for Damage Assessment Training System, 8th International Conference on Safety and Reliability, 2001. (printing)
- 6) 牧紀男, 小檜山雅之, 呂恒俊, 堀江啓, 田中聡, 林春男: 西宮Built Environment データベースの構築, 第1回比較防災学シンポジウム, pp.189-194, 2000.
- 7) 糸井川栄一, 岩田司, 寺木彰浩: 大都市災害の被災状況分析ツールとしてのGISの活用と応用・展開の可能性について, 地域安全学会論文報告集, No.5, pp.209-220, 1995.
- 8) 糸井川栄一, 岩田司, 寺木彰浩: 兵庫県南部地震における建築物被災情報等のGIS化の問題点と電子野帳の開発, 地域安全学会論文報告集, No.6, pp.269-277, 1996.
- 9) 神戸大学工学部建設学科土木教室兵庫県南部地震学術調査団: 神戸大学工学部兵庫県南部地震緊急被害調査報告書(第2報), 1995.
- 10) 建設省建築研究所: 平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書第1編中間報告書以降の調査分析結果, 1996.
- 11) 村尾修, 山崎文雄: 兵庫県南部地震における建物被害調査の比較, 第10回日本地震工学シンポジウム, K-2, pp.3229-3234, 1998.
- 12) 岡田成幸, 高井伸雄: 地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文集, No.524, pp.65-72, 1999.
- 13) 第115号内閣総理大臣官房審議室長「災害の被害認定基準の統一について」, 1968.
- 14) 日本建築学会: 1978年宮城県沖地震災害調査報告, 1980.
- 15) 財団法人日本建築防災協会, 全国被災建築物応急危険度判定協議会: 被災建築物応急危険度判定マニュアル, 1998.
- 16) 財団法人日本建築防災協会: 震災建築物等の被災度判定基準および復旧技術指針, 1991.

(原稿受付 2001年6月11日)