

家屋被害の評価方法について

—1984年長野県西部地震・王滝村の被害を例とした予備的考察—

- 1 はじめに
- 2 方法
- 3 調査
- 4 解析
- 5 考察
- 6 おわりに

塩野計司*

望月利男**

要 約

木造家屋の被害程度を評価する方法を考案し、この方法を1984年長野県西部地震・王滝村の被害に適用して試行調査を行った。

この研究では、

- i) 家屋被害の形態を分類した結果、建物全体としての被害が著しいと認定された家屋の多くは、建物を構成するほとんどの部分に大きな被害を受けていることが明らかになった。
- ii) 建物を構成する6つの部分の被害程度を考慮し、被害尺度と呼ぶ連続性の高い指標を用いて、建物全体としての被害程度を評価する方法を考案した。
- iii) 試行調査の結果を資料として、被害尺度による家屋被害の評価を行った。

1 はじめに

従来より、地震による家屋被害の評価には、被害の程度を「全壊—半壊—無被害」の3段階に分類する方法が広く用いられてきた。「3段階評価」による被害統計は、地震の規模や災害の広がりを手っ取り早く知るための指標として便利なものである。また、一定の地域ごとに被害戸数を全戸数で割算して得られる被害率は、その地域での「ゆれ」の強さを推定したり、被害程度を記述するために利用されることが多い。「3段階評価」による被害統計は、地震とそれに伴う災害の状況を、

地域単位で捉えるための基礎資料として利用価値が高いと言えよう。

しかし、「3段階評価」では、被害程度の分類があまりにも荒すぎるといふ欠点が目立ってくる場合がある。建物の一つ一つについて、その被害程度を問題にしたい場合である。筆者らが当面する課題のなかにそのような例をさがせば、住民生活におよぼす地震の影響の問題がある。筆者らは、そのような問題では、世帯(家族)を単位として考察するのが好都合であり、また、生活への影響それ自体を調査すると同時に、家屋(住宅)にも調査の目を向ける必要があると考えている。被災

*東京都立大学都市研究センター・工学部

**東京都立大学都市研究センター

した世帯の生活を、住宅の破壊という最も身近な物的被害との関連で分析するという視点を取り入れたい。

家屋は家族の生活の場としての役割をはたし、また、その一家の財産として大きな比重を占めていることが多い。災害からの立ち直り（復旧および復興）の期間について世帯の状況を捉えようとする場合、家屋被害の問題を切り離して考えることは難しい。このような状況のなかで、家屋の被害程度を「3段階評価」にくらべより細かく評価できる方法が必要になってきた。

この報告では、家屋の被害程度を簡単なアンケートによって調査する方法について述べ、その方法を1984年長野県西部地震（注1）による木曾郡王滝村での被害に適用した結果を紹介する。

2 方法

ここで開発しようとする家屋被害の調査方法は、それだけを単独で用いるために考えたものではない。住民生活におよぼす地震の影響と、住家の破損という2つのことがらを対にして調査したいというねらいがある。調査全体の構成は、生活について調べる部分が主体になり、家屋被害について調べる部分は付属物として位置づけられるようなものである。

被災世帯の生活を調査する場合、その方法にはアンケート法または面接法（聞き取り調査）が一般に用いられているが、この報告では、アンケート法による調査を念頭において考える。したがって、家屋被害についての調べもアンケートによって行うことを前提として考えていく。

災害後の住民生活を調べるために使われたアンケートの例をみると、相当の量を持ったものが多い。用紙や文字の大きさにもよるが、4～5ページ程度に止まるものはむしろまれである。調査票が10ページを超えるような大部のものも一部には見られるが、10ページという量は、アンケートのボリューム（上限）についての一つの目安になる。調査票の全体が10ページ程度に収められることを考えれば、家屋被害についての調査を内容とする付属部分がしめてもよいページ数は、最大限1～

2ページということになるであろう。

アンケートの内容（質問）について注意しなければならないのは、答え易い質問を準備するという点である。これは一般的な注意としてだけではなく、回答者が一般住民であり、建築構造についての専門的な知識を持っていることが期待できないという点からも重要である。質問文や選択肢のなかに、日常生活ではあまり用いられていない専門用語を使うことなどは適当ではない。また、回答者に期待してもよいことは、建物の内外をザッと見わたす程度のものであり、それ以上の細かい調べをしなければ答えられないような質問は避けるほうがよいと思われる。

これらの条件に注意しながら、建物を6つの主要な部分に分け、それぞれの部分について被害の程度を質問するという方法を考えてみた。6つの部分とは、

- 1 屋根
- 2 外壁
- 3 内壁
- 4 基礎・土台
- 5 柱・はり
- 6 建具

であり、建物の全体をわかりやすく分けてみたものである。

被害程度についての質問は、各部分とも、4～5個の選択肢のなかから、被害状況にもっとも近い選択肢を1つだけ選択する形式とした。被害の程度を「ほとんど（ない）」「一部に」「各所に」「全体的に」などのことばを組み合わせで表し、被害程度の順序づけができるようにした。今回の調査で使用した選択肢は注2に示したようなものである。質問（6項目）は、40文字/行、40行/ページで作成したアンケート用紙の1ページ弱にすべてが収められるものであった。

建物を構成する部分に分けて被害程度を質問するのは、回答者への負担を小さくすることを考えたためである。考慮しなければならない範囲を小さく限ることによって、被害程度をどのように表現するか（どの選択肢を選ぶか）という判断がし易くなるだろうと考えた。また、注目する範囲を限るということによって、回答者ごとの判断のバ

ラツキを小さくなるという利点もあるように思われる。判断する対象が限られたものであるほど、あまりに途方もない評価が現れることは少なくなるだろうと考えた。

建物全体についての被害程度は、各部分の被害程度をすべて考慮して評価される。具体的には、各部分の被害をその程度にしたがって与えられる重み係数で表し、それらの和を計算することによって、建物全体としての被害程度を算定する。このような手順を考えた場合に、もっとも重要な問題は、重み係数をどのように決めるかという点である。筆者らは、この問題を解決するために、多少の時間的ゆとりを持ちたいと考えている。この報告で取り扱う被害例を手初めに、今後、いくつかの地震を例として試行調査をくりかえし、そのなかから、適切な「重み」のつけ方を明らかにしていく方針である。

3 調査

アンケート用紙の配布は、地震の発生からおおよそ2か月後の11月12日であり、回収は11月30日であった。村内の全戸数が427戸であるのにたいし、配布部数は402票であった。なお、アンケート調査は、各世帯に用紙を配布して行い、世帯主またはそれに代わる人が回答してくれるように依頼した。

6項目の質問（各部分の被害程度）のすべてについて有効な回答が得られたのは、257票であった。このなかには、全壊家屋について回答された3票と半壊家屋についての35票がふくまれていた。ちなみに、1984年長野県西部地震による王滝村での家屋被害は、全壊14戸、半壊73戸であり、全・半壊以外の建物もすべて一部破損と判定されている。

王滝村で発生した家屋被害のうち、全壊と判定されたものの多くは、大規模な斜面崩壊にともない、流出または埋没したものである。筆者らが着目する被害の形態は、家屋が振動によって破壊したもの、または敷地の破壊（沈下や亀裂、あるいは盛土の崩れなど）が家屋の被害へと波及したものであり、王滝村の全壊家屋はこのような部類に

はふくまれない。このことを考慮し、以下の部分では、半壊と一部破損の家屋に限って考察することにする。

調査結果はFigure 1のようなものであった。ここでは、各部分の被害程度を、建物全体としての被害が著しいもの（半壊）と軽いもの（一部破損）に分類して示している。なお、選択肢が5つの質問については、選択肢のとりまとめを行い、4段階で示した。

ある一つの部分に大き被害を受けた建物がすべて、建物全体としての被害も著しい（半壊）と判定されているわけではない。また、ある一つの部分について見れば被害が軽いものであっても、建物全体としての被害は著しい（半壊）と判定されたものもある。一つの部分の被害程度だけからは、建物全体としての被害状況を推定するのはむずかしいことがわかる。しかし、被害程度の分布の全体的な傾向を見れば、半壊家屋のそれは一部破損の場合よりも高いがわにあり、各部分の被害の大小がそれぞれに、建物全体としての被害の判定に影響を与えているように思われる。

4 解析

はじめに、建物各部分の被害程度（6項目）を変数としてクラスター分析を行い、家屋被害の形態を分類した。クラスター分析は、ユークリッド距離を用いた最遠距離法で処理を進めた。クラスターの数が9個になったときに処理を停止して、変数の分布を調べたものをFigure 2に示した。建物の部分を示す数字をはさんで両側に伸びた線は、各変量の標準偏差（ $-σ \sim +σ$ の範囲）を示している。なお、各変量は、サンプル数を考慮した重みつき平均がゼロになるように基準化してある。

Figure 2ではまた、各クラスターに含まれる建物について、重大な被害を発生した割合（半壊率）を示している。クラスター1のように、どの部分にもさしたる被害を受けていない場合には半壊率が低く、クラスター8や9のように、建物のあらゆる部分に著しい被害を受けた場合には半壊率が高い。Figure 1からも予想されたことでは

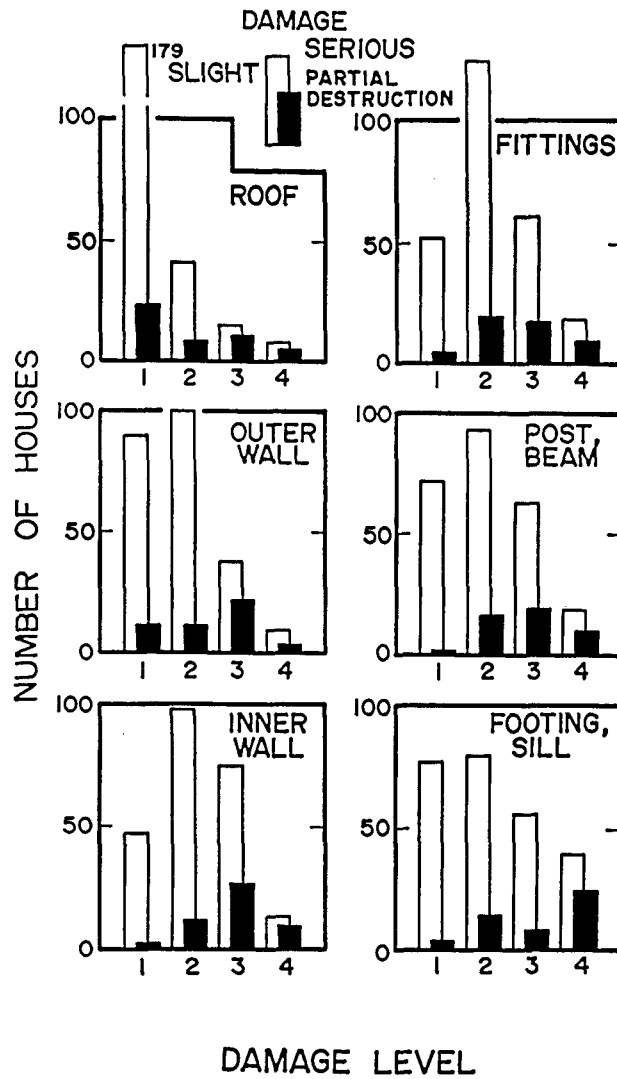


Figure 1. Distribution of damage level for each structural component.

あるが、建物各部分の被害を積み上げて評価し、建物全体の被害程度と結びつけられる可能性がここにも示されている。

建物の各部分の被害を積み上げて評価し、建物全体としての被害程度を捉えるという考え方は、つぎのような式で表される。

$$DS = \sum_i (c_i \cdot \delta_i)$$

ただし、DS : 被害尺度値

c : 重み係数ベクトル

δ : 被害程度を表すダミー変数

i : 建物の部分を表す添字、である。

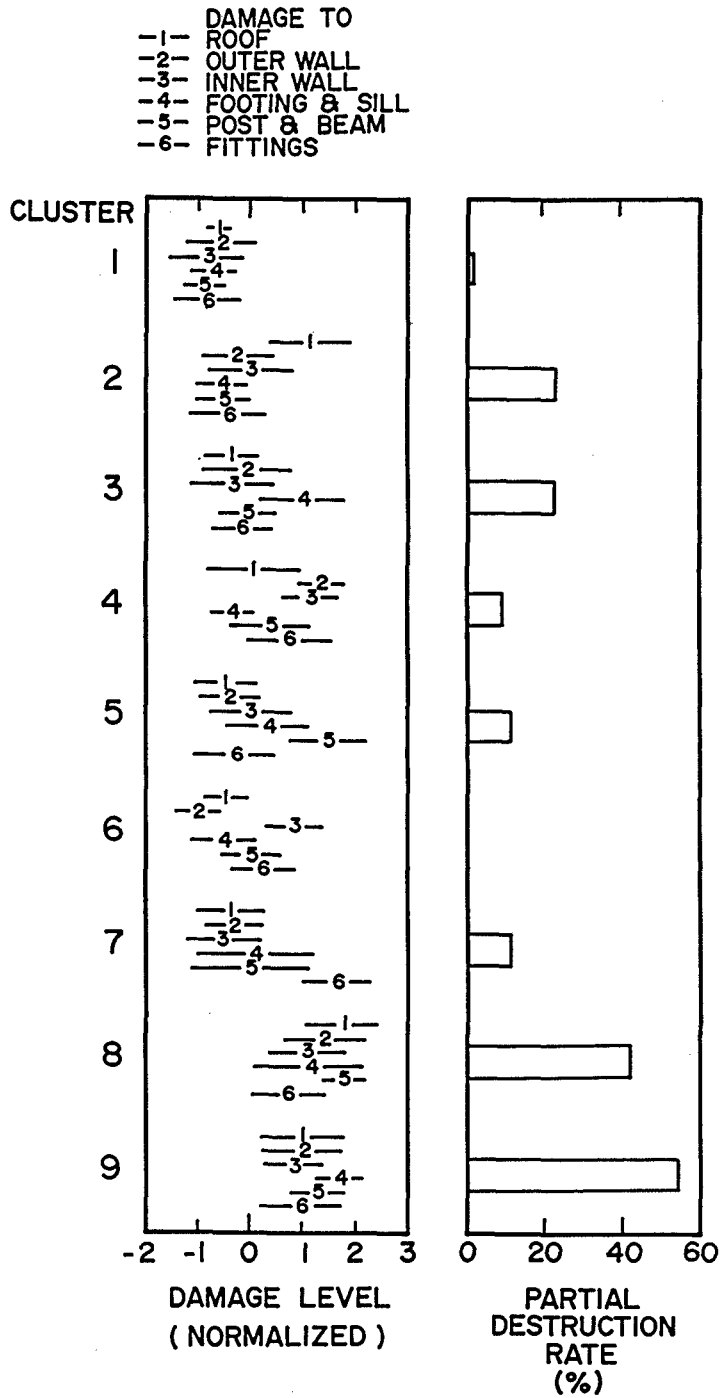


Figure 2. left : Damage types classified through cluster analysis.
 right : Rate of seriously affected structures for each damage type.

これに似た手続きは、従来の被害判定でも、その過程では色々な形で行われている。たとえば、地震保険の損害査定では、構造部ごとの被害（損傷の割合）を調査し、その結果から算出される指標をもとに、建物全体の被害程度を決定するという方法が用いられている。また、被災地の行政体（市町村）が行う被害認定も、近年の地震についてみれば、被害の状況を調査し、その結果を処理するための系統的な方法を準備して行われることが多く、その手法はやはり、筆者らの方法と似たものであると思われる。

さて、ここでは、被害尺度値を求めるための重み係数をどのように決めるかが問題になる。筆者らが試みる方法では、3段階評価による判定「全壊—半壊—無被害」と被害尺度とが調和することを条件にする。実際に分析する資料に即していえば、半壊と判定された建物には大きな被害尺度値を与え、一部破損と判定されたものには小さな値を与えるように、重み係数を決定するということになる。

このような取り扱い、多変量の判別問題として定式化されており、ダミー変数を用いるために数量化理論の第2類を適用することになる。分析の結果を Figure 3（カテゴリー・ウェイト）と Figure 4（頻度図）に示した。

重み（カテゴリー・ウェイト）は、各部分（アイテム）の被害程度（カテゴリー）ごとに与えられ、被害判定への寄与の程度を表している。どのアイテムの場合も、被害程度のもっとも低いカテゴリーで、ウェイトがゼロになるように表示してある。なお、判別分析の過程で、いくつかのカテゴリーをまとめて計算するなどし、カテゴリー・ウェイトの分布があまり不自然にならないようにした。被害判定への寄与度（レンジ）をアイテムごとと比較してみると、屋根、外壁、基礎・土台という3つのアイテムでもっとも大きくなっている。また、柱・はり、建具についても、まへの3つとあまり変わらない大きな値が得られている。以上の5つの部分の被害に比べ、内壁の被害は建物全体の被害との関係が弱い。

建物の半壊と一部破損にかかわる誤判別率は25%程度である（Figure 4）。被害尺度で見れば

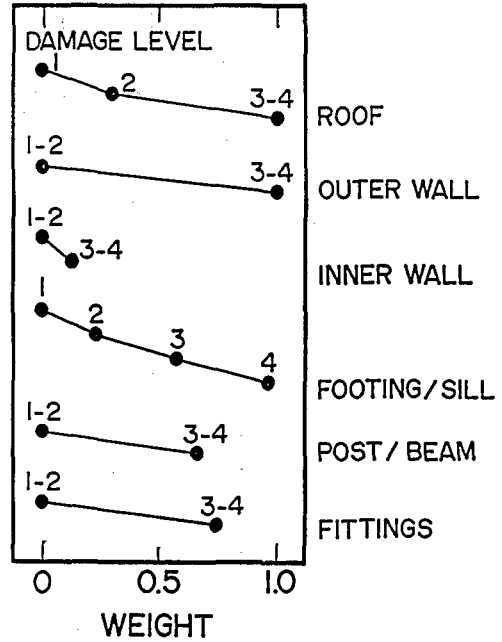


Figure 3. Weighting coefficients to calculate damage score.

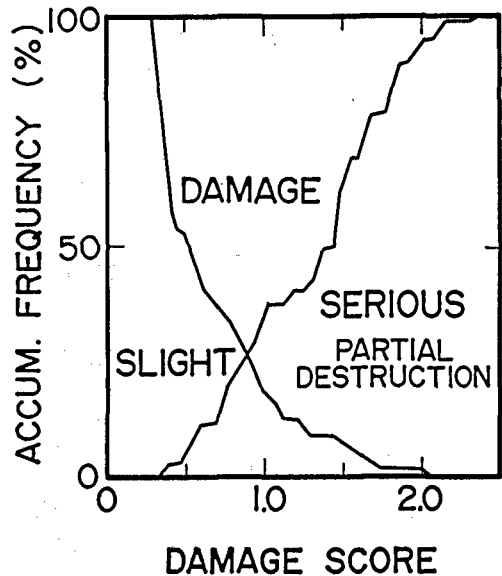


Figure 4. Frequency diagram—result of discriminate analysis to evaluate damage score.

一部破損とみなしてよい領域（累積頻度曲線が交わる点よりも左側）にありながら、半壊と判定された建物は9戸である。また、被害尺度でみれば半壊とみなしてよい領域（累積頻度曲線が交わる点よりも右側）にありながら、一部破損と判定された建物は50戸である。

5 考 察

この研究では、被害尺度と呼ぶ指標によって家屋被害の程度を表すことを考えてきた。被害尺度が具えている特長の一つは、3段階の被害分類「全壊-半壊-無被害」と対応するように定められている点である。この性質は、数量化分析の手続きのなかで、3段階評価の被害判定を外的基準として用いることによって、自動的に与えられてくる。その意味で、筆者らの方法は、3段階評価の被害判定にほとんどすべてを負っているということができる。ここではまず、3段階評価の被害判定を外的基準として選んだことにまつわる問題を考えてみる。

家屋被害の認定は、被災地の行政体（市町村）によって行われ、一般に、全壊・半壊の判定は国の統一基準（注3）に従って与えられる。国の統一基準では、全壊・半壊という被害分類を、損壊部分の床面積あるいは被害額にしたがって行うように定めているが、判定の手掛りとして用いられる数字を正確に見積もることはかならずしも容易ではない。被災地の行政体（市町村）がそれぞれに最善をつくり、最適と思われる方法で被害認定の作業にあたったとしても（むしろ、それゆえに）、行政体のあいだの結果のバラツキが生じることは避けられないように思われる。

この研究で検討してきた方法が実用的なものになるためには、今回と同様の試行調査を繰り返す行い、その積み重ねのなかから、各アイテム（建物の各部分）に属する各カテゴリー（被害程度）の重み係数に適切な値を与えていかなければならない。そのような過程のなかで注意すべき点の一つは、地震のたびに、あるいは一つの地震による被害でも行政体が違うことによって、全壊・半壊という言葉の持つ意味が異なってくる恐れである。

この点をどのように処理するべきかという問題はいずれ避けては通れないものと思われる。

つぎに、数量化分析に用いる説明変量の側の問題を考えてみる。筆者らの方法では、屋根、壁、基礎などのような、建物を構成する各部分の被害程度を説明変量に用いるが、これらをアンケート法によって調査するように考えられている。説明変量の問題は、いわばアンケートの方法（質問のしかた）に係わる問題である。

今回の調査では、建物を構成する各部分の被害程度を「わずかに」「一部に」「各部に」などのことばで表すという方法をとっている。これらのことばを使った表現が具体的な意味を捉えにくいものであることも一つの問題である。しかし、今回の試行調査に限って言えば、筆者らのねらいは被害程度の順序づけをするという点にあり、その意味では、今回もちいた選択肢も、ほぼ十分に役割を果たしているように思われる。

より大きな問題は、被害程度の評価をすべて、回答者の判断にまかせてしまったことにある。評価する対象を建物を構成する部分に分けることによって、判断することがが複雑になることを避けるように工夫はしたが、回答が主観にもとづく評価であるということには変わりがない。

家屋被害という物理的な現象を取り扱っていないながら、客観的な「測定」をなんち行っていないということが、やはり不満な点として残る。このような反省にたって考えてみれば、「ほとんどない」という段階から始まる、広い幅のなかでの被害の程度としてだけでなく、ある程度以上の被害にのみ着目し、その箇所を量的に捉えるという方法も検討してみる価値があるように思われる。

今回の試行で用いたアンケートを改善する方法としては、ほかに、床面積や階数などを調査することによって、建物の大きさを考慮できるようにすること、また、使用材料についての配慮を加えることなどが考えられる。調査の簡便性という条件を前提としつつも、これらの点をできる限り取り入れる方向で検討してみたい。

6 おわりに

地震による家屋の被害程度を簡単なアンケートによって調査し、連続性の高い指標値（被害尺度）を用いて評価する方法について予備的な考察を行った。本報告では、このような方法を開発しようとする背景や、調査方法の基本的な考え方について述べるとともに、1984年長野県西部地震での被害（王滝村）を例として行った試行調査の結果を紹介した。

今回の試行調査では、まず、家屋被害の形態を分析することによって、

- i) 建物全体としての被害が著しい（半壊）と判定された家屋の多くは、建物を構成するいろいろな部分（屋根、壁、基礎・土台、柱・はり、建具）で被害が大きくなっていることが明らかになり、
 - ii) 建物全体としての被害が、各部分の被害程度の積み上げによって評価できる可能性が示された。
- つぎに、この結果をもとに、
- iii) 被害尺度と呼ぶ指標を利用し、従来から用いられてきた3段階の被害分類（全壊—半壊—無被害）に比べ、被害程度をより連続的に表す方法を考案した。

しかしながら、

- iv) 今回の試行調査では、着目した被害例を、被害尺度によって整理してみたという段階に止まっており、
- v) 被害尺度と呼ぶ新たな指標が、家屋被害の評価において実用的な役割を果たせるようになるまでには、今後さらに何度かの試行調査を重ねる必要がある。

今後の課題の第一は、新たな試行調査に向けての調査法（アンケートの内容）の改善である。まず改良すべき点は、建物の大きさ（床面積）や造り（階数、使用材料など）についての配慮を加えること、被害箇所の量的な把握を試みることの2点である。調査の簡便性に留意しながらも、このような調査項目の追加を考えてみたい。

第二の課題は、試行調査のスタイルに係わる問題である。今回の試行調査では、被害尺度をどのように構成するかだけに注意が向けられ、家屋の被災状況をより詳しく、具体的に把握するという努力がまったく欠けていた。被害尺度という指標の信頼性や利用法を正しく知るためには、被災状況を詳しく捉えた資料を準備し、被害尺度値の妥当性を評価するというプロセスが欠かせない。つぎの試行調査にさいしては、被害尺度を算定するための簡便な調査（アンケートによる）と平行して、被害状況をより詳しく捉えるための調査（現地調査による）を行うという方法を取り入れていきたい。

最後に、調査にご協力いただいた王滝村の皆様にご感謝いたします。とりわけ、各地区の地区長さんには、調査票の配布・回収で非常にお世話になったことを記し、お礼申し上げます。

注

1)

震源時：08h 48m 49.4s (JST)

震央：35° 49.3' N, 137° 33.6' E

震源深さ：2 km

M：6.8

2)

○ 屋根の被害について

- 1 ほとんどなかった
- 2 一部にずれや落下がおこった
- 3 各所にずれや落下がおこった
- 4 全的にずれや落下がおこった

○ 壁の被害について

[1] 外壁（仕上げ）の被害について

- 1 ほとんどなかった
- 2 わずかなヒビ割れやはがれが起こった
- 3 各所にヒビ割れやはがれが起こった
- 4 全体的にヒビ割れやはがれが起こった

[2] 内壁（仕上げ）の被害について

選択肢は [1] と同じ

○ 基礎・土台まわりの被害について

- 1 ほとんどなかった

- 2 わずかなヒビ割れや「はがれ」がおこった
 - 3 一部に大きなヒビ割れがおこった
 - 4 各部に大きなヒビ割れがおこり、
土台が基礎からずれた
 - 5 ヒビ割れや不同沈下が著しく、
土台が基礎から大きくずれた
- 柱・ハリの被害について
- 1 ほとんどなかった
 - 2 建具のあけたてに支障が生じた
 - 3 柱・ハリにかなりの損傷や変形がおこった
 - 4 建物に少し傾斜がおこった
 - 5 建物の傾斜が目立った
- 建具の被害について
- 1 ほとんどなかった
 - 2 はずれたり、ガラスが割れたものが
わずかにあった
 - 3 各所ではずれたり、ガラスが割れたりした
 - 4 いたるところではずれたり、
ガラスが割れたりした

3)

国の統一基準による住家の被害認定は「昭和43年6月14日付総審第115号 内閣総理大臣官房審議室長通達」により、損壊（焼失、流失）部分の床面積、または被害額にしたがって行われるように定められている。これらの指標に着目したときの全壊・半壊の具体的な定義は、つぎのとおりである。

	床面積*	被害額**
全 壊	70%以上	50%以上
半 壊	20%以上 70%未満	20%以上 50%未満

* 延床面積に対する損壊部分の床面積

** 住家の時価に対する主要構造部の被害額

補 追

この報告を取りまとめている最後の段階で、地震保険の被害認定法が、筆者らの方法ときわめてよく似たものであることを知った。ここでは、地震保険の被害認定法を簡単に紹介する。

保険金支払いの判断基準となる全損・半損の認定は、つぎの方法で行うように定められている。（地盤についての規定は省略し、建物に関する事項のあらましだけを紹介する。）

木造建物の損害認定は、「軸組（おもに柱）」「基礎」「屋根」「外壁」の4つの部分（主要構造部）の被害程度に着目して行われる。被害程度は、着目する部分の被害（物理的損傷割合）がどのくらいか調査して算出される。物理的損傷割合は、「軸組」の場合、

$$\text{損傷柱本数} / \text{全柱本数}$$

「屋根」の場合、

$$\text{屋根の葺替え面積} / \text{全屋根面積}$$

などのように計算される。

つぎに、各部分の物理的損傷割合は、「全損・半損認定基準表」にしたがって損害割合という値に読み替えられる。損害割合という値は、各部分の被害を「損壊部分の床面積」に読み替えたものである。

さらに、4つの部分の被害から求めたそれぞれの損害割合をたしあわせて合計損害割合を算出し、この値の大小によって、建物の全損・半損を決定することになる。（合計損害割合が、筆者らの方法による被害尺度と同じ役割を果たしている。）

ところで、「全損・半損認定基準表」には、「被害の例示」として、各部分ごと、各被害程度（物理的損傷割合および損害割合）ごとに、被害状況の簡単な説明が加えられている。各部分の被害程度は、「軸組」で9段階、それ以外が6段階に分けられており、被害の例示もそれに対応する分類で示されている。以下に、「外壁」の場合を例として被害状況を説明した文章を引用する。

- ① ひびわれや剝落、わん曲が
一部に見られるもの
- ② " " 一部にかなり見られるもの
- ③ " " 各所に見られるもの
- ④ " " 各所にかなり見られるもの
- ⑤ " " 各所に著しく見られるもの
- ⑥ " " 全面的に見られるもの

「被害の例示」に見られる説明文は、筆者らのアンケートで用いた選択肢ときわめて似た作りであり、分類がやや細かいという違いがあるにすぎない。両者のあいだで、被害程度を対応させることもできそうである。

筆者らは、各部分の被害程度を積み上げるさいに、独自の重みづけをすることを考え、王滝村で

の被害例を手初めとして、分析の事例を重ねようと考えてきた。しかし、地震保険の損害処理のために作られたシステムでは、筆者らが求めようとしている重み係数をすでに決定していることになる。筆者らの方法で得られた結果を、地震保険のためのシステムと比較してみることも、今後の課題の一つである。

ON A PROCEDURE TO EVALUATE DAMAGE OF WOODEN DWELLING STRUCTURES

— A Preliminary Study by Means of the Data from the
Naganoken-seibu Earthquake of 1984 —

by Keishi Shiono* and Toshio Mochizuki*

* Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University
Comprehensive Urban Studies, No. 26, pp. 101-111

An easycapable method to evaluate damage of wooden dwelling structures was designed and tested.

In this study,

- i) A compact questionnaire with six questions inquiring damage of six structural components: roof, outer wall, inner wall, footing and sill, post and beam, and fittings, was designed.
- ii) A procedure to evaluate damage of wooden dwelling structures by means of a set of damage indicators for six structural components was developed.
- iii) The new method was utilized and tested in Ohtaki-mura village, which was most seriously affected by the Naganoken-seibu earthquake of 1984.