

I - B 494 地震時の建物倒壊による人的被害予測

神戸大学大学院 学生会員 鍛田泰子  
 神戸大学工学部 フェロー 高田至郎

1.目的

地震防災対策の中でも人的被災に対する対策は重要な課題である。六千人以上の犠牲者を出した兵庫県南部地震でも多くの人が建物の倒壊の下敷きで亡くなられており、人的被害の低減が強く望まれている。この分野の研究において過去の地震での人的被害から多くの人的被害の統計式が提案されてきたが、1948年の福井地震以降で先の兵庫県南部地震が発生するまでの約50年間に死者数千人を超える人的被害を出した地震はなく、その間に建物の耐震化が進み、また都市部においては人間の生活環境も大きく変化してきている。このような背景から近年の人的被害の様相も変化してきていると考えられるので、本稿では兵庫県南部地震の被害から人的被害を予測したものと既往の研究での統計式とを比較し、また、予測式で求めた被害を実際の兵庫県南部地震での被害などと比較検証を行い、地震時の建物倒壊による人的被害予測式に対して考察を行う。

2.兵庫県南部地震における人的被害式

まず兵庫県南部地震における人的被害式を求める前に、地震時の人的被害の要因について整理する。人的被害の要因は建物倒壊によるもの以外に、延焼火災や津波、地滑り、屋外でブロック塀の倒壊によるものなど多くの要因が存在する。これら各々の人的被害要因となるものが地震によって何らかの被害を受け、その影響で人的被害につながり、最終的には個々の要因での人的被害のたし合わせが一つの地震における人的被害になる(図-1)。本稿では、兵庫県南部地震の際の資料をもとに建物倒壊による人的被害について検討する。

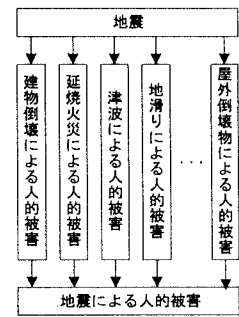


図-1 人的被害模式図

建物倒壊による人的被害が、地震が発生し地震動が起こることで建物が倒壊し、その影響によって人的被害が発生するというプロセスのもとに予測式を提案した。

地震動から建物被害の予測には岡田ら<sup>(1)</sup>のバルナラビリティ関数の概念を導入して、地震後に神戸大学工学部・土木系教室・兵庫県南部地震調査団<sup>(2)</sup>が取りまとめた建物被害調査結果にもとづき、全壊数と半壊の半数を合わせたものを被害棟数として全棟数と被害棟数から建物被害率(%)として建物被害関数を算出した。

建物被害と人的被害との関係には、先ほど建物被害予測に用いた建物被害率と死者数をその地域の夜間人口で除したものを死者率(人/千人)としてこの二変数を用いた。関係式を算出の際の対象地域は、神戸市で被害の大きかった地域に対して町丁目ごとで分析を実施した。ここで、先述の人的被害要因の関係について考慮するために延焼火災による死者を出来るだけ省くため、火災の大きいと見られる地域を省いた。説明変数に建物被害率、目的変数に死者率において回帰分析を行い、得られた相関図を図2に示す。図2からわかるように建物被害率が50%まではほぼ直線回帰であるのに対して、50%を超えたあたりから死者率が徐々に高くなっていくことが窺える。このことから、建物被害率50%までは直線回帰式を50%以降では曲線回帰を行った。

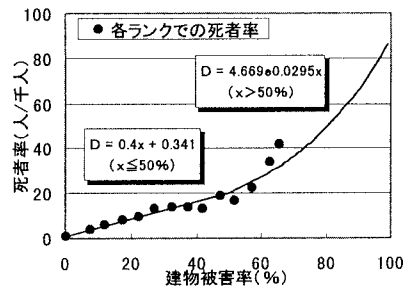


図-2 建物被害率(%)と死者率(人/千人)の関係

人的被害, 人的被害予測式, 建物倒壊

連絡先 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1 Tel 078-803-6037)

### 3.他の統計式との比較

前節で求められた建物倒壊による人的被害の回帰式と既往の統計式との比較検証を行う。既往の統計式とは過去の被害事例をもとにしたもので、建物被害を示すパラメータが被害率や、被害数であったり、指標が様々で統一していない。そこで、被害数としているものに対しては、対象地域を神戸市6区(東灘、灘、兵庫、長田、中央、須磨区)として夜間人口、全棟数を用いて被害率となるように統計式を変換し、人的被害式の比較を行った。また本研究で用いた建物被害調査と神戸市が発表している罹災証明書による区毎の被害率をこれらの統計式に重ねたものを図-3に、各統計式の説明を表-1に示す。

建物の被害率を示すパラメータが全て同じ指標でないことを考慮しなければならないが、ある範囲内に集中していることが分かる。しかし、式①と式②、式③と式④は同じ地震被害をもとにした統計式であっても、同じ傾きを示すわけではない。これは、「全壊」など建物被害程度の判定基準が建物被害調査ごとに異なり一つに定まっていないことや統計式誘導の際の対象地域が異なることが考えられる。また、兵庫県南部地震と関東地震とでは、兵庫県南部地震の方が大きい勾配を示す。これは前者の方が、早朝であったため屋内にいた比率が高かったためとも考えられる。このように、統計自体の誤差と各地震における人の行動形態の違いによって統計式は異なってくる事が考えられる。

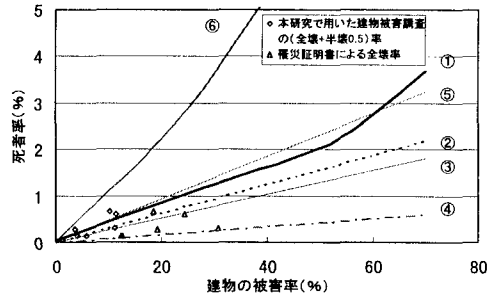


図-3 既往の統計式との比較

表-1 統計式の説明

式	統計対象地震	統計式のパラメータ	統計式の文献
①	兵庫県南部(1995)	(全壊)	本研究
②	兵庫県南部(1995)	木造全壊率/死者数	東京都(1997) <sup>[2]</sup>
③	関東地震(1923)	全壊数/死者数	東京都防災会議(1985) <sup>[3]</sup>
④	関東地震(1923)	全壊数/死者数	富山県 <sup>[4]</sup>
⑤	福井地震(1948)以前	全壊数/死者数	太田ら <sup>[5]</sup>
⑥	明治~宮城県沖(1978)	全壊数/死者数	河角 <sup>[5]</sup>

### 4.他の地域への検証

神戸市を対象地域として回帰した予測式を2節で提案した予測方法でもって、尼崎市の実際の被害との検証を行う。尼崎市は神戸市より地震動強さが小さかったので建物被害が起らない所には人的被害は発生しないと設定した上で、尼崎市の人口、建物等のデータで人的被害を予測したものを図-4に示す。実際の被害より建物被害、人的被害共に小さく現れたが、尼崎市の建物データが震災後新築にされたもので、予測で倒壊する建物が先の地震で倒壊していた可能性がある。また、地震動が小さくなれば、建物が倒壊に至らなくても家具の転倒などによって人的被害が発生するとも考えられる。

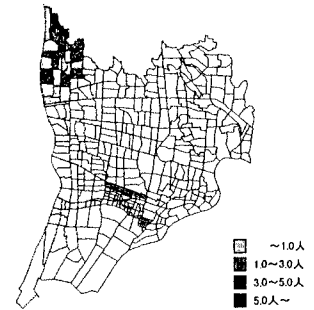


図-4 予測の被害分布

### 5.考察

建物倒壊による人的被害の既往の統計式と比較を行った。ある程度限られた範囲に統計式が集中しているが、時代や対象となる過去の地震、建物の被害程度の判定基準によって少し変わってくる事が分かった。これらの統計式を否定的に見るのではなく、予測式には様々な要因によって左右されているということ踏まえた上で、要因の影響を考慮できるような補正をおこなった人的被害予測を考えていかなければならない。

### 参考文献

- [1] 岡田成幸 他：震度による地震被害系統評価のためのバルナラビリティ関数群の構成，地震 第2輯 第4巻 pp.93-108, 1991.
- [2] 神戸大学工学部建設学科土木系教養兵庫県南部地震学術調査団：兵庫県南部地震緊急被害調査報告書(第2報)，1995.
- [3] 損害保険料率算定会：地震保険調査報告 28 地震被害想定資料集，pp3-157~3-159, 1998.
- [4] 太田 裕 他：地震時の死者発生数予測に関する実験式の一構成，地震 第2輯 第36巻 第3号，pp463-466, 1983.
- [5] Kawasumi, H: Intensity and Magnitude of Shallow Earthquake, Bureau Central Seism Intern, Ser.A, Trar.Sci.19, pp.99~114, 1954.