

中規模地震による家屋の被害分布の推定法について

○ 建土研 正員 栗林栄一
 " " 羽立隆幸
 " " 宮田忠明

1. まえがき

既往地震における被害の数量的関係を取扱った研究は従来より数多く行われていたが予得される地震被害(木造家屋被害)を把握するため、地震の規模すなわちマグニチュードと家屋の被害との数量的関係を示した研究は少ない。そこで今回は土木構造工学の分野に比べより普遍的で、災害記録の豊富な家屋の被害について、被害分布を推定するために家屋震害率 D_2 と震央距離 Δ 及びマグニチュード M の数量的関係を求めた。この数量的関係を基礎として、さらに若干の検査を加え京浜地域と適用地域として家屋震害率分布の予測を試みた。本報告はその結果を示すものである。

2. 家屋震害率分布の推定法

1946年の表の報告¹⁾は三河地震における家屋震害率と震央距離の関係は $D_2 = 59.8e^{-0.0986\Delta}$ と与えていた。一方、水上・内海は東南海地震における家屋震害率を $D_2 = 13e^{-0.038\Delta}$ と与えている。²⁾ここに D_2 は $D_2 = (R + 0.5 \cdot HR) / NH$ % として示され R , HR 及び NH はそれぞれ全壊戸数、半壊戸数及びその地域内の総戸数として与えられている。その後福井地震³⁾に関する報告を除いては家屋震害率(或曰く総率)と震央距離との関係を示した例は見当たらない。そこで筆者は震源深さ0~20KM程度の福井地震、えびの地震、伊豆半島沖地震の地震別家屋震害率と震央距離の関係を調査した。その結果、家屋震害率は統計解法的にマグニチュードとパラメーターとして1式のごとく求められる。⁴⁾

$$D_{2I} = \frac{1}{164} \cdot 10^{0.625M + 0.025\Delta M - 0.272\Delta} \quad \% \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{----- 1}$$

$$D_{2II} = \frac{1}{73} \cdot 10^{0.576M + 0.026\Delta M - 0.248\Delta} \quad \% \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$$

ここで D_{2I} ; 地盤I(洪積・オニ紀層)地域の家屋震害率 D_{2II} ; 地盤II(洪積層厚10~30M程度)地域の家屋震害率
 M ; マグニチュード
 Δ ; 震央距離

である。図1に表による三河地震及び筆者による福井地震の $D_2 \sim \Delta$ の関係を示す。

1及び2式を適用して D_2 の分布を推定するためには、単位地域における平屋・2階建戸数(降伏震度)の相違による影響を考慮しなければならない。功部は1地方の家屋震度が、その平均の強さ K_0 の周辺にガウス分布するものと考え、全震率 D_2 と震度 K の関係を2式で与えている。

$$D_2 = \frac{100}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{L_0}^K e^{-\frac{(K-K_0)^2}{2\sigma^2}} dK \quad \% \quad \text{----- 2}$$

図2は震尾地震 $K_0 = 0.40$ $\sigma = 0.053$ ⁵⁾、福井地震 $K_0 = 0.40$ $\sigma = 0.071$ ⁶⁾、東海地震 $K_0 = 0.45$ $\sigma = 0.071$ ⁷⁾、仙北地震 $K_0 = 0.47$ $\sigma = 0.105$ とし K と K_0 の2式を1積して領域として示したものである。ここで、梅津地⁷⁾により求められている木造家屋の平屋・2階建戸数0.6, 0.4(降伏震度)に対する図2の D_2 がそれぞれ20~

50%及び90~100%である
ことを考慮して補正係数 $\alpha=1.80$ と定められた。

一方、特に沖積層厚の厚い
地域は、家屋震害率へのその
影響が大きいとして、その地
域の既往震害率と沖積層厚の
関係を用いて補正することが
望ましい。図3は河角^②、大
崎^③、表・宮村^④の報告によ
って関東地震における旧東京
市内及び横浜市内の家屋震害
率(河角、大崎は全壊率)と沖
積層厚の関係を示したもので
ある。図3から判るよう、

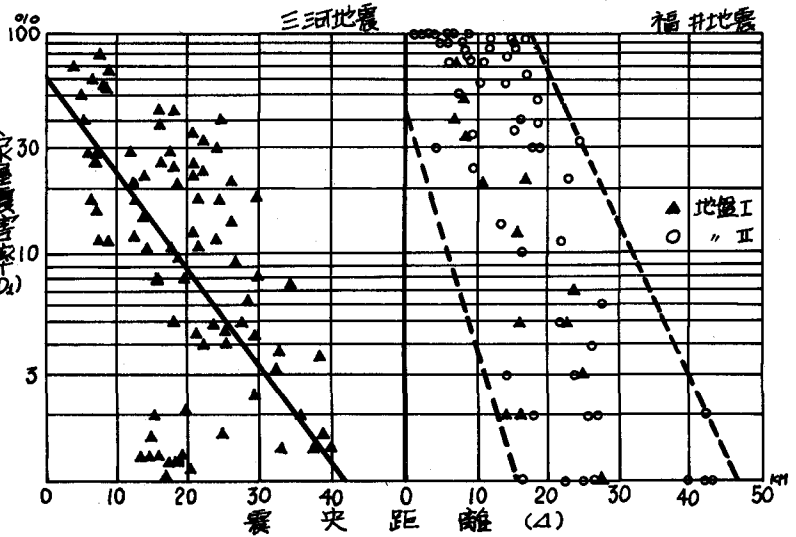


図1. 三河及び福井地震の $D_2 \sim \Delta$ の関係

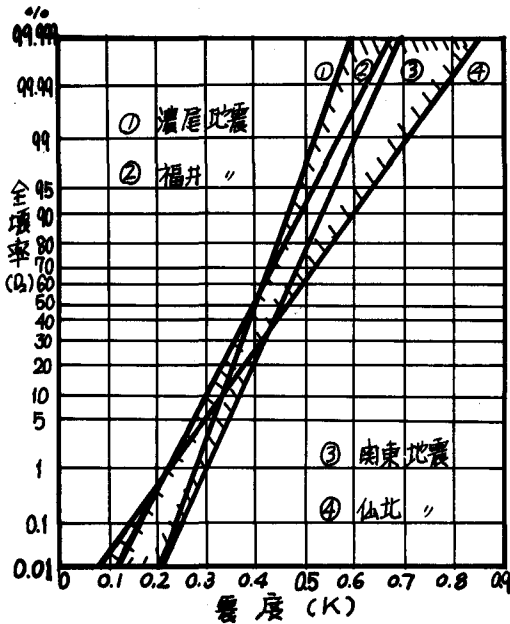


図2. 物部式による $D_2 \sim K$ の関係

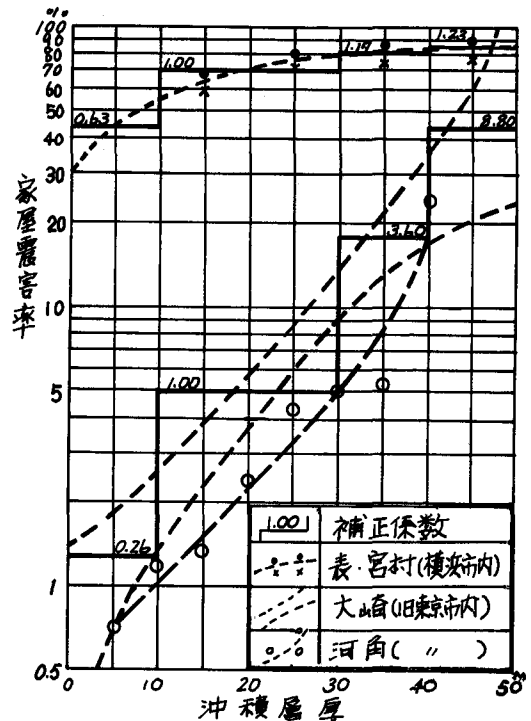


図3. 関東地震の震害率と沖積層厚の関係

その関係は地域及び報告者により異なる。しかし、いま東京市内における大崎の報告で沖積層厚10~30M(平均20M)を基準として30~40M(平均35M)、40~50M(平均45M)の全壊率の倍率を計算すると図3で示される数値となる。同様に河角の得た関係について計算すると40M付近を除いて殆ど一致する。この事から、特に東京における沖積層厚が30~40M及び40M以上の地域の補正係数 β とやらを3.60, 8.80, 横浜におけるそれを1.17, 1.23と定

める。

図4は、福井地震(地盤II地域)における震央距離5KM毎に区切った家屋被害率の変動のうち、 $\Delta=5.1\sim 10.0$ KMのものを1例として示している。図中横軸の番号は単位地域に付した番号を示す。(例えば1は糞村、2は中磯島村等) 図4から判るように震央距離及び地盤条件の影響を除去しても尚且 D_i の変動は大きい。従って地震特性(マグニチュード、震源深さ、震央距離)及び地盤条件以外の要因に起因する影響が既存住家戸数NHのラソグムネス(例えば福井市NH=17805, 吉崎村NH=159)に支配されるとともにその変動が2項分布で与えられると仮定し、3の管理限界法を用いRIを3式で定義して家屋被害率を増すことにした。

$$D_i^{\sigma} = \bar{D}_i + 3\sqrt{\bar{D}_i(100 - \bar{D}_i)}/NH \quad \% \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{-----} 3$$

$$RI = D_i / D_i^{\sigma}$$

ここに D_i^{σ} は変動の上限值、 \bar{D}_i は震央距離一定と考えた場合の地盤別家屋被害率の平均値(福井地震の場合は5KM毎に区切った被害市町村と震央距離一定と考えた)、 D_i は単位地域の既往家屋被害率、NHは総戸数を表わす。ここで $RI > 1.0$ ならば D_i は明らかに D_i^{σ} を越えていることを意味するため、RIは前記の要因以外の要因による危険性を評価した1種の係数とみなすことができる。図4に福井地震(地盤II地域)における単位地域の D_i^{σ} , RI を $\Delta=5.1\sim 10.0$ KMのものを1例として示す。

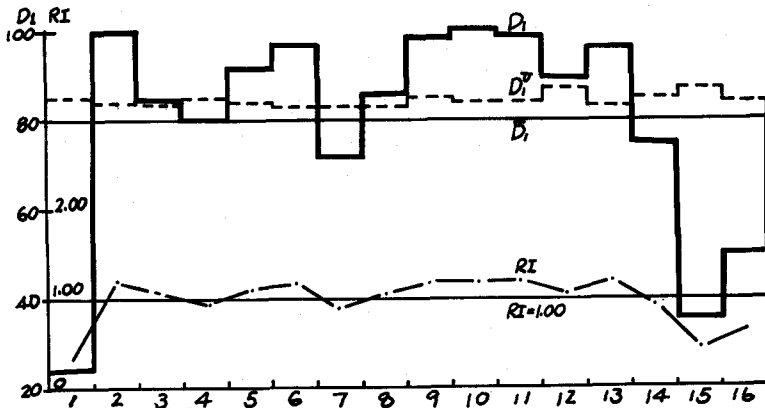


図4. D_i, D_i^{σ}, RI の変動 ($\Delta=5.1\sim 10.0$ KM)

以上のことを考慮して与えられたマグニチュード及び震央距離に基づき推定される単位地域の家屋被害率 \hat{D}_{IX} 及 $\hat{D}_{I\bar{X}}$ は4式で与えられる。

$$\hat{D}_{IX} = \alpha \cdot RI \cdot D_{IX}^{\sigma} \quad \% \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{-----} 4$$

$$\hat{D}_{I\bar{X}} = \beta \cdot RI \cdot D_{I\bar{X}}^{\sigma} \quad \%$$

ここで $\gamma = \alpha + \beta$, $D_{IX}^{\sigma} = \bar{D}_{IX} + 3\sqrt{\bar{D}_{IX}(100 - \bar{D}_{IX})}/NH$, $D_{I\bar{X}}^{\sigma} = \bar{D}_{I\bar{X}} + 3\sqrt{\bar{D}_{I\bar{X}}(100 - \bar{D}_{I\bar{X}})}/NH$ であり、 α は平屋1.00, 2階建1.80, β は沖積層厚による補正係数、NHは単位地域の住家戸数、 $D_{IX}, D_{I\bar{X}}$ は1式, RIは3式で与えられる。

3. 適用例

適用地域を東京23区、川崎5区、横浜4区とし前節の手法を用いて家屋被害率の分布を推定するためには、まず想定地震の規模及び震央位置を仮定しなければならない。多数の観測資料によれば中規模の極浅発地震、即ちM=6.0程度で震源深さ20KM以内の地震は、その数が少なくないこと、しかもその震央分布が東京東部低地軟弱地盤地域の外側に多く分布することなどから次のように仮定した。

想定地震の規模はM=6.0, 6.5, 7.0の3タイプとし震央位置はいずれも守政江戸地震(1855)の震央位置 $\lambda=139.8^{\circ}E$ $\phi=35.8^{\circ}N$ と採用した。

また各区の震央距離の震央を中心とした最大半径と最小半径の平均値とし、木造家屋の平屋・2階建別は各区とも圧制的に2階建が99%なので全て2階建として $\alpha=1.80$ を採用して計算した。なおここで用いたRIは福井地震(地盤I地域)で得られたRI>100の単位地域での5KM毎の平均値である。

上記の想定に基づき求められた家屋被害率の分布を図5に示す。

4. あとがき

本稿では施設別被害区分のうち家屋の被害について検討を加えた。今後は他の施設に関する被害をも検討したい。

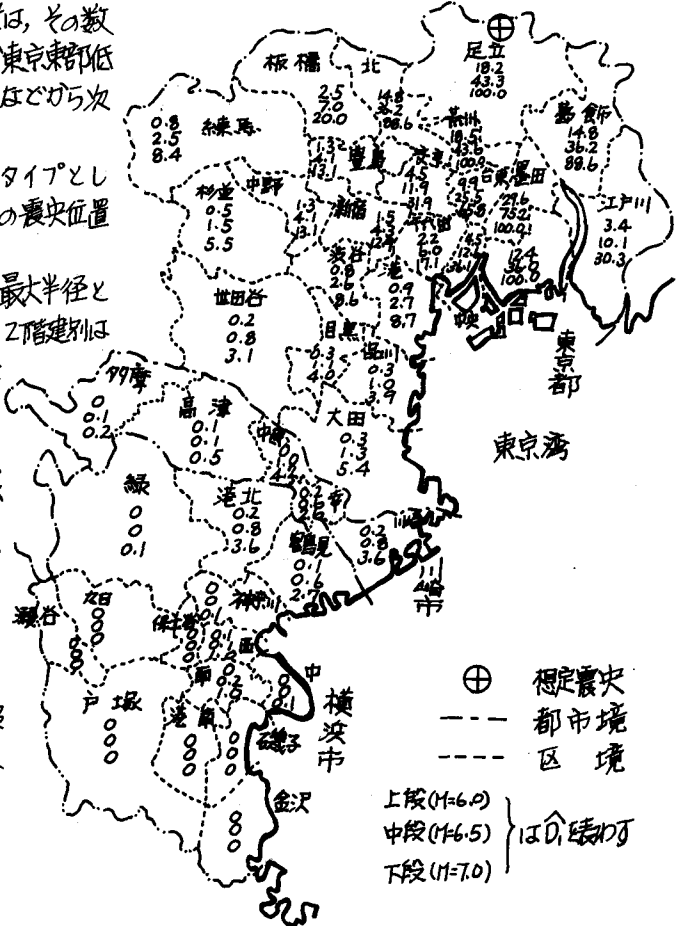


図5. マグニチュード別家屋被害率分布

参考文献

1. 表俊一郎; 地震研彙報, 24, 1946年, 87頁
2. 水戸内屋; " , " , " , 23頁
3. 福井地震震災調査報告建築部門, 1951年, 58, 59頁
4. 栗林邦正・木本; 第3回関東支部講演概要集, I-16, 1976年, 51頁
5. 物部長博著; 土木耐震学
6. 昭和23年6月28日 北陸震災調査報告, 78, 1949年, 28頁
7. 梅本他; 木造建築物の耐震性 実態調査, 1970年, 東京都防災会議
8. 河角広博士論文送集, 1974年, 21頁
9. 大崎頼彦; 日本建築学会論文報告集, 72, 1962年, 29頁
10. 表・宮村; 建築雑誌, 66, 773, 1951年, 17頁
11. 東京直下型地震に関する調査(その1,2), 1974~1975年, 東京都防災会議