

CS - 138

実地震被害例による家屋被害推定式の構築

東京大学生産技術研究所	正員	童 華南
東京大学生産技術研究所	正員	山崎 文雄
東京ガス	正員	佐々木 裕明
東京大学大学院	学生員	松本 省吾

1. はじめに

地震発生時に地震観測網から得られた地震動強度にもとづいてその地域の構造物被害を推定し緊急対応を行うようなシステムが実用されつつある¹⁾。本研究は都市ガス供給システムの地震時緊急遮断システムに緊急対応の判断基準を提供する目的を踏まえ、最近の日本の被害地震の地震動および家屋被害データにもとづいて、家屋被害の推定式を構築した。被害推定式を構築するには、どの地震動強さ指標およびどのような被害データを用いるかが重要なポイントである。前者については、既往の研究²⁾によって、SI値³⁾や最大速度が家屋被害とは最も相関が高いことが調べられている。本研究では、被害データは家屋の耐震性と強震計の精度の向上を考慮して近年の被害地震に限定し、収集した地震動記録と家屋被害データは、地図上で距離と地形を考慮した上で、その対応関係を確認されたもののみを使用した。被害推定関数の構築には、強い地震動にもかかわらず被害がなかった地域についてもデータとして考慮し、被害データの母体の大きさを重みとして用いた。筆者らがこのようにしてSI値-家屋被害率の関係式を構築し、地震発生直後における観測地震動指標にもとづく被害推定への利用を提案する。

2. 被害推定式構築に用いるデータ

被害推定式構築に用いるデータは、1978年宮城県沖地震、1983年日本海中部地震、1987年千葉県東方沖地震、1993年釧路沖地震と1993年北海道南西沖地震の5つ比較的最近の日本のものを対象地震として、観測された記録中から、原則として自由地盤上の最大加速度が100gal以上である記録のSI値を計算して用いた。地震の被害報告書などより、各市町村単位での家屋の全壊および半壊世帯数にもとづき、 $(\text{全壊世帯数} + \text{半壊世帯数}) / \text{総世帯数} = \text{家屋被害率}$ として用いた。地震動データにおいては、SMAC-B型強震計などで観測された地震波形に対して、周波数及び位相の補正を行って使用した。また、被害データを生かすため、最大速度が公表されており、波形が入手できないものについては、図1に示した最大速度とSI値の関係(400の気象庁87型記録)を検討した上で、 $\text{SI値} = 1.18V_{\text{max}}$ により最大速度からSI値を推定した。

家屋被害からは、火災と津波によるものは除いた。液状化を伴う家屋被害率については、市町村よりさらに液状化地域と非液状化地域に細かく分けたデータがある日本海中部地震の八竜町、能代市と若美町の被害データ⁴⁾は、非液状化地域の家屋被害率を用いることにした。家屋被害に対応する地震動は、同じ地域の同じ地盤条件のところに設置されている強震計によるものが理想的である。本研究では、収集した地震動の観測点の緯度・経度を5万分の1地形図上にプロットし、それが被害データ収集地域と同じ地形、地盤条件上のものであるかを確認した。

3. 重み付き最小自乗法による家屋被害推定

家屋被害率の推定式はSI値による式(1)を仮定

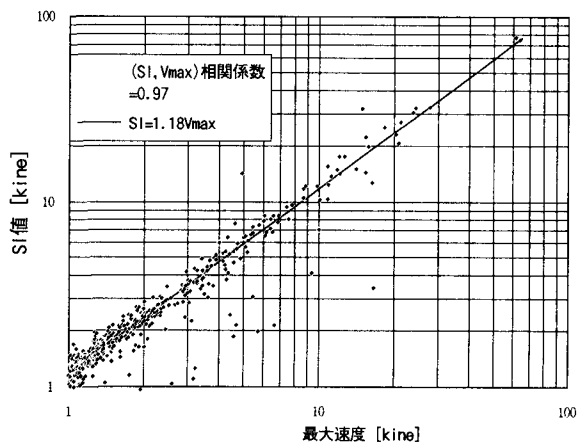


図1 気象庁87型強震計の記録からみた最大速度とSI値の関係

した。この関数型は、地震動強さが SI_0 以上に達しなければ被害が生じないようにした点と、被害ゼロのデータも回帰に使用できる点に特色がある。市町村単位で求めた家屋被害率は、何十万世帯の市のものもあれば、わずか何百世帯の村のものもあるため、回帰式の構築には重み付き回帰を行うことにした。重みとしては、各市町村の全世帯数を用いた。地震動 SI_i に対応する家屋被害率 R_i と、回帰式 $\hat{R}$ 残差の自乗和 Δ^2 は、市町村の全世帯数を w_i として式(2)で定義される。

$$\hat{R} = \begin{cases} b(SI - SI_0)^a & SI_0 < SI \\ 0 & 0 \leq SI \leq SI_0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\Delta^2 = \sum_i w_i (R_i - \hat{R}(SI_i))^2 / \sum_i w_i \quad (2)$$

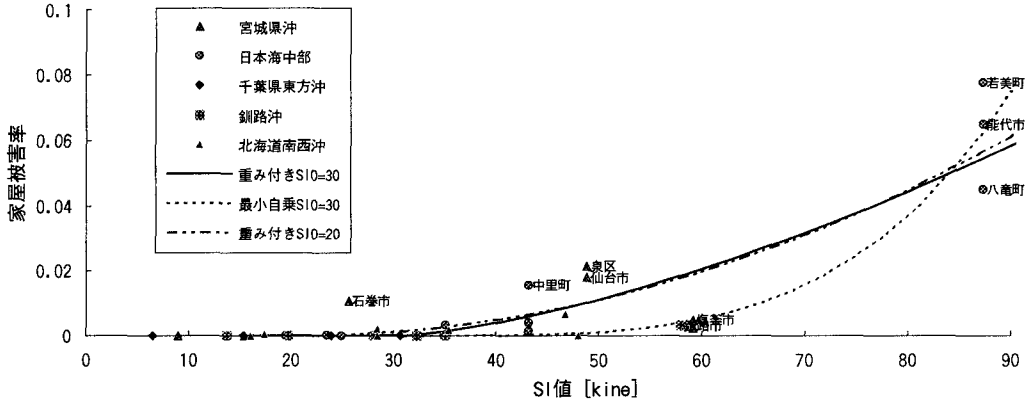


図2 被害推定式に用いたSI値と家屋被害率の関係

図2は得られた家屋被害率推定曲線と実データを示したものである。推定曲線については $SI_0=30$ （実線）の回帰曲線に加えて $SI_0=20$ （2点鎖線）の曲線も示しており、重み付きの効果を示すために重みを考慮しない回帰曲線（ $SI_0=30$ 、破線）も示した。式(1)の a, b と SI_0 の中で、 $SI_0=20$ の2点鎖線と $SI_0=30$ の実線が示されたように、 SI_0 は15～35の間で変動させても残差の変動がわずかであった。しかし SI_0 を式(1)に導入した目的は、地震動強さがそれ以上でないと家屋に被害を与えない境界値の意味にある。したがって、石巻市（近辺に液状化の記述がある）を除いてほとんど被害が発生していない $SI=30$ のところを境界とするのが適当と考えた（ $a=1.51$, $b=1.21 \times 10^{-4}$ ）。泉市、石巻市と中里町の被害データについては、泉市の家屋被害は地割れ⁵⁾による比率が61%であり、石巻市で団地造成地に噴砂⁶⁾、中里町で液状化による地盤災害⁷⁾の記述があり、詳細な分けができれば、3つのデータはさらに回帰曲線に近づくと考えられる。また、仙台市のような大都市の被害データは、全世帯数の重みにより回帰結果に与える影響が大きいことも図2の実線と破線の対照でわかる。仙台市については、丘の上の東北大学の建物1階で採集された記録で市内の被害率を対応させている点に、やや問題が残っている。

4. まとめ

日本の最近の被害地震のデータに基づいて、家屋被害率と地震動強さの関係式を構築した。家屋被害率は市町村単位のものを用い、地震動強度としては、近傍で得られたSI値を用いた。被害データは主として震動による全壊と半壊を抽出し、対応する地震動を決めるには、地盤条件も考慮した。選択したデータに対して回帰分析を行い、SI値と家屋被害率の関係式を導いた。今後、被害推定式の精度向上のため、地震動および家屋被害に関するデータの一層の収集と蓄積が課題として残されている。

参考文献

- 1) 山崎, 片山, 吉川, 大谷 (1994): 地震動モニタリングに基づく都市ガス供給網の緊急遮断システムの開発, 第9回日本地震工学シンポジウム (投稿中)。
- 2) 安藤, 山崎, 片山 (1990): 地震動の強さ指標による構造物損傷の評価, 第8回日本地震工学シンポジウム論文集。
- 3) 佐藤, 片山, 大保, 川崎 (1985): 新しい制御用地震センサーの開発と試作, 第18回地震工学研究発表会講演概要, 土木学会。
- 4) 秋田県土木部 (1984): 昭和58年日本海中部地震—土木施設等災害記録
- 5) 仙台市 (1981): '78宮城県沖地震Ⅲ教訓と防災都市。
- 6) 建設省土木研究所地震防災部・振動研究室 (1978): 1978年6月宮城県沖地震被害調査概報
- 7) 土木学会 (1986): 1983年日本海中部地震被害調査報告書。