

震源情報を用いた地震被害の概略的推定

日本技術開発(株) 土木本部

正 磯山龍二

鳥取大学工学部

正 野田 茂

東京大学生産技術研究所

正 山崎文雄

東京ガス(株) 供給・防災センター

吉川洋一

1. まえがき

都市ガスの供給ブロックの被害程度は、多重無線で送られてくる331箇所のSI値を用いることにより、推定可能である。しかし、ここでは、初動体制を即座に整えるため、地震発生後、震源推定システムの情報に基づき、被害領域と被害程度を自動的かつ概略的に推定することを試みる。この方法は、マグニチュード、震源距離と被害の経験則に基づいており、地盤条件や地震動特性を陽に含まない概略的なものである。この推定結果は、かなりマクロな判断材料をイメージするもので、実測SI値からの被害推定の確認に利用する。

2. 既往の地震被害データ

住家および埋設管(ガス管・水道管)の被害率は、最近の5地震(1:1978年宮城県沖地震、2:1983年日本海中部地震、3:1987年千葉県東方沖地震、4:1993年釧路沖地震、5:1993年北海道南西沖地震)を対象にして、各市町村単位に求めた。

住家の被害率は総世帯数に対する(全壊+半壊)住家世帯数の比で、埋設管については被害箇所数と敷設延長の比(被害箇所/km)によって算定した。図1には各地震ごとの住家被害率と震源距離の関係を示す。参考のため、図中には1968年十勝沖地震の結果も併記している。震源距離は各市町村役場の位置と震源の緯度・経度から計算した。図より、被害はある地域に集中し、地盤変状などのかなり特殊な条件下で発生したことがわかる。

ここでは、2段階回帰を実施することにより、震源距離 R とマグニチュード M を用いて、被害率 D の推定式を得た。すなわち、第1段階では、各地震ごとに、被害率と震源距離の関係を表す式(1)の回帰係数(α と β)を求める。次に、第2段階ではマグニチュードに対して係数(α と β)の回帰を行う。このようにすると、被害率は、震源距離とマグニチュードにより、式(1)によって表せる。

$$\left. \begin{aligned} D &= \alpha(M) + \beta(M) \log_{10} R \\ \text{ただし、} \alpha(M) &= \alpha_1 + \alpha_2 M \\ \beta(M) &= \beta_0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

住家被害の回帰係数は式(2)のように求められた。

$$\left. \begin{aligned} \alpha(M) &= -118.3 + 18.3M \\ \beta(M) &= 6.4 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

3. 震源情報を加味した被害推定

既往のデータによれば、住家や埋設管の被害率と最大加速度には明確な対応関係が見られない。むしろ、被害率はSI値との相関関係が高い。一方、地盤変状などの特異な地域を除いて、おおむね、被害率と震央距離はよい対応を示している。

そこで、マグニチュードと被害発生地点の震央距離(Δ)を $M-\Delta$ 面にプロットすると、図2のようになる。図中には栗林・龍岡(1975)による液状化発生の限界線(太線——)も示した。これまでの研究により、下水道施設の被害額や鉄道施設の被害(盛土と橋梁の被害の有無)の限界線はこの液状化の限界線とほぼ一致することが明らかになっている。

住家および埋設管の被害発生限界は液状化のそれよりもやや右によっている。そこで、ここでは、液状化の限界線の傾きと合わせて、新たな限界線(式(3)、図中の—○—)を設定した。

$$\log_{10} \Delta = 0.77M - 3.45 \quad (3)$$

この線よりも左側の領域にあれば、住家や埋設管になんらかの被害が発生していることになる。

ところで、地震工学の分野ではこれまで数多くの距離減衰式が提案されてきた。地震被害を表す指標としてはSI値が優れている。そのため、最大加速度よりも、SI値の距離減衰特性が注目されている。図2には、川崎(1986)による距離減衰式(式(4))から求めたSI値の等値線(細線)も併記した。

$$\log_{10} SI = -2.24 + 0.62M - 0.471 \log_{10} \Delta \quad (4)$$

図2よりわかるように、1)SI値の等値線の傾きは式(3)の限界線のそれよりも小さく、2)被害の限界線は15～30kineのSI値に対応している。川崎によれば、SI値が25kineを越えると、各種の被害が発生し始めるようである。本結果による限界SI値は、そのばらつきが大きい、川崎の指摘とほぼ一致している。

本方法によれば、観測地震の震源深さが求められる。そこで、震源距離を用いて、図2と同様に、被害発生地点を $M-R$ 面上に図示した(図3)。このように説明変数に震源深さを取り入れると、被害推定精度の向上が期待できる。例えば、距離減衰式に対し、最大加速度よりもSI値を用いた場合、さらに震源距離をパラメータとした場合、観測記録との相関性の高いことがわかっている。

本研究では、地震動データも収集し、マグニチュードと震源距離に関するSI値の距離減衰式(式(5))を求めた。図3には式(5)から得られたSI値の等値線(細線)も図示している。

$$\log_{10} SI = -0.089 + 0.628M - 1.421 \log_{10} R \quad (5)$$

図2と図3の比較からわかるように、震源深さを考慮することにより、被害発生地点は分散せず、SI値との相関性が高くなっている。図3より、被害の限界線は約30kineのSI値に相当する。式(5)の傾きに合せて、被害の限界線(図中の—)を求めると、次のようになる。

$$\log_{10} R = 0.44M - 1.04 \quad (6)$$

上記の考察から、ここでは3つの被害レベルを設定した。レベル0は無被害地域、レベル1は何らかの被害の発生可能性が高い地域、レベル2(SI=60kine以上)は確実に被害が発生し、その程度も著しい地域である。各地域は図4の $M-R$ 面上に分布する。各地域の被害率は式(1)によって算定される。なお、レベル1とレベル2間の境界線は、被害データの詳細分析が必要なため、一つの目安を提示したにすぎない。

4. あとがき

本研究では、震源位置を推定した上で、その情報に基づき、被害発生の有無と被害領域の概略推定を実施した。対象とした供給地域内には331箇所にセンサーが設置されている。従って、それらの情報(最大加速度とSI値など)および事前の地盤ゾーニング結果から、被害程度や発生領域は詳細に推定できるであろう。ここで示した方法は、初期段階において被害発生領域や被害程度を推定できるので、詳細解析を行う上でも役立つと考えられる。

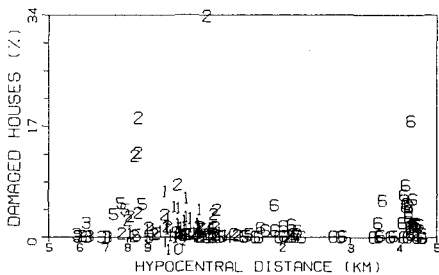


図1 住家被害率と震源距離の関係

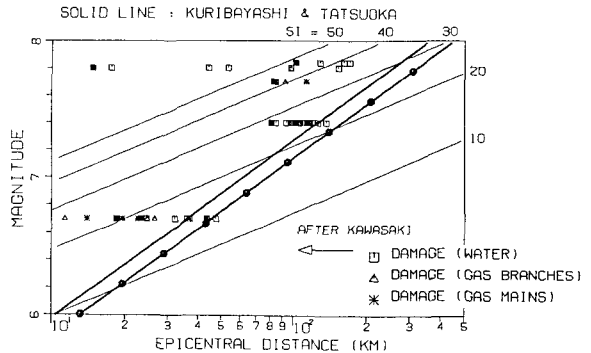


図2 $M-\Delta$ 面上での埋設管被害

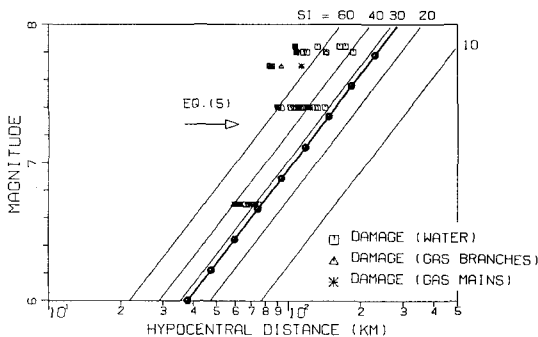


図3 $M-R$ 面上での埋設管被害

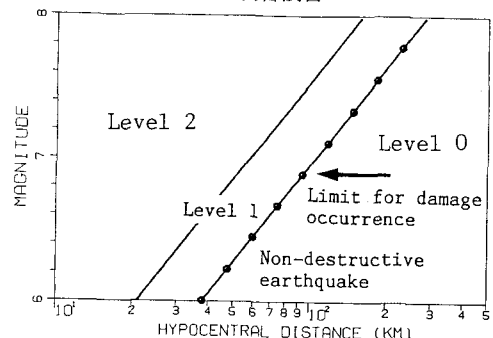


図4 被害領域のマクロな評価