

京都大学防災研究所 正員 佐藤忠信

京都大学防災研究所 正員 土岐憲三

京都大学大学院 学生員 〇一井康二

1. 概説 ライフラインシステムの地震危険度解析においては、要素数の増加に伴うネットワークの損傷状態数の増加と計算時間の増加がネックとなる。そこで、本研究では影響圏の概念を用いて計算時間を減少させる手法<sup>1)</sup>を用いて、活断層データと歴史地震データを利用して湘南地区の中庄 A ガス導管網の地震危険度解析を行った。

2. 限界震源域距離と影響圏 ノード及びリンクからなるネットワークの構成要素の破壊レベルを支配する変量を  $Y$  とし、それが震源断層からの距離  $r$ 、マグニチュード  $M$ 、地盤や要素のパラメーター  $C_k$  の関数として与えられるとする。ここで、要素の破壊に対する許容レベルとして  $Y^*$  が与えれば逆に要素が破壊に至る臨界の距離  $r^*$  を得ることができる。この距離を限界震源域距離と定義する。ある要素を中心とし、この限界震源域距離  $r^*$  を半径とする球を描くと、震源断層がその球内に発生する場合にその要素は破壊し、震源断層がその球の外側に発生する場合は破壊しないと考えられる。この球を影響圏と定義する。この影響圏の概念により、地震の発生地点とマグニチュードを与えればネットワークの損傷状態が解析できる。

3. 活断層データによる危険度解析 断層長さ  $L$  と、その断層で発生する地震の地震モーメント  $M_0$  には、以下の式が成り立つ<sup>2)</sup>。

$$\log M_0 = 2.619 \log L + 22.445 + \log T_{M_0} \quad (1)$$

ここで、 $\log T_{M_0}$  は関係式のばらつきを示す指標であり、正規分布に従う。これにより、最大モーメントモデルを用いると各断層での生起地震のマグニチュード分布が対数正規分布で与えられる。また、断層の年平均変位速度から各断層の地震発生率  $\nu_n$  も求まる<sup>3)</sup>。

以上をもとに湘南地区中庄 A ガス導管網に対する湘南周辺の各活断層の危険度を表したものが図1である。各活断層に地震が生じたとき導管網が機能しなくなる確率を示している。

ただし、相模湾内にある一番大きい活断層はその他の内陸活断層と異なり、プレートの沈み込み領域に生じるプレート境界地震をモデル化したものである。1923年関東地震の断層面が地表面と交わる交線を活断層とし、再現期間を70年と設定した。

147個の需要点ノードのうち供給点ノードに連結できない需要点ノードの割合を被害率とし、その被害率より大きな被害を受ける再現期間を求めたものが図2である。プレート境界地震のみを考えた場合とプレート境界を除いた内陸活断層の地震のみを考えた場合を同時に示すが、プレート境界地震のみを考える場合は被害がほぼ全域に及ぶので機能水準を変化させても再現期間はあまり変わらないことが分かる。また、内陸活断層の地震からは被害率50%以上の地震被害は生じないとみなすことができる。

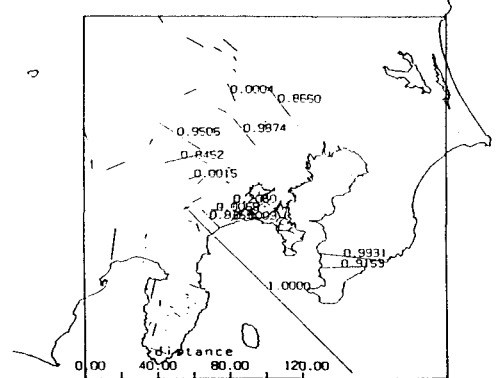


図1 ネットワークに対する各活断層の危険度

4. 歴史地震データによる危険度解析 地震域の設定の際に生じる解析者の違いによる影響を削減するため、地震発生域として考慮すべき地域内に均等に評価点を分布させ、面震源モデルでなく点震源モデルに置換し危険度を近似計算する手法を提案した。

ネットワークの周囲、面積  $A$  の範囲に  $n^2$  個の点を分布させ、地震は全てその評価点で発生するものとする。そして、評価点の地震の年平均発生率分布を求める方法としては、発生率を評価する評価半径  $r_{est}$  を定義し、ある点における地震の発生率は点を中心とした評価半径  $r_{est}$  の過去の歴史地震によって求められると仮定した。すると、ある点における単位面積当りの年平均発生率は地震の観測年数を  $Y$ 、評価半径内の地震の観測回数を  $N_e$  として

$$\nu_{p/area} = \frac{N_e}{Y \pi r_{est}^2} \quad (2)$$

で与えられる。ただし、評価点は面積  $A/n^2$  に一個ずつある計算になるので、各評価点における地震の年平均発生率は

$$\nu_p = \frac{N_e A}{Y n^2 \pi r_{est}^2} \quad (3)$$

となる。また、マグニチュード別の地震頻度分布が Gutenberg-Richter の式に従うとしてマグニチュードの分布関数を得た。

図2と同様に被害率と再現期間の関係を図3に示す。評価半径40kmの場合の解析結果を太実線で示し、領域を3つの地震域に分割した場合を△印で、領域全体で発生率が一定として求めた結果を○印で示している。評価半径を用いた解析だとネットワーク周辺で歴史地震の分布密度が高いことが反映され、大きな危険度を与えている。

5. まとめ 湘南地区周辺の活断層に最大モーメントモデルを適用し、湘南地区中庄 A ガス導管網に対する危険度を求めた。その結果、内陸活断層による地震は余り危険度に寄与しないことが分かった。また、評価点を用いて地震の発生率分布を歴史地震から評価する手法を提案し、ガス導管網の地震危険度解析に適用した。その結果、地震の発生率の分布を考慮したライフラインの地震危険度解析を行うことができた。

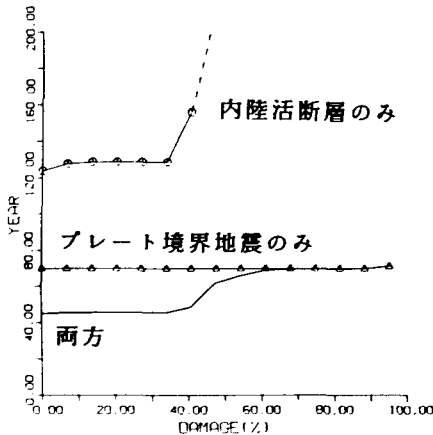


図2 活断層データによる危険度

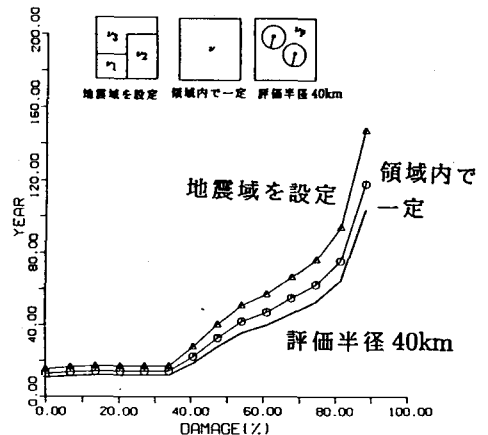


図3 歴史地震データによる危険度

参考文献 1) 佐藤忠信・土岐憲三・浜田尚人:大規模ライフラインの地震時における信頼性解析法, 土木学会論文集第437号, pp153-161,1991 2) 土岐憲三・佐藤忠信・清野純史・藤村和也:歴史地震データに基づく近畿地方の地震危険度解析, 京都大学防災研究所年報第34号 B-2, 1991 3) 亀田弘行・奥村俊彦:活断層データと歴史地震データを組み合わせた地震危険度解析, 土木学会論文集第362号, pp407-414, 1985