

(I - 2) ライフラインシステムの地域別地震危険度の定量的評価

武蔵工業大学 学生会員 星野 亨 武蔵工業大学 教授 正会員 星谷 勝

武蔵工業大学 大学院 学生会員 深澤 洋祐

1.はじめに

ライフラインは都市活動の利便性・効率性を支えるだけでなく、情報化時代の都市に不可欠な機能の一端を担っている。1964年の新潟地震や1971年の San Fernando 地震以来、地震災害時のライフラインシステム復旧方法・最適システムの構築方法等の研究がされてきた。しかし、阪神・淡路大震災におけるライフライン施設の復旧作業の長期化、近年の個人主義社会化等により、各家庭・個人単位で将来、自分の家が保有している地震災害時の危険性、つまり、地域ごとに持っている固有の地震災害に対する危険度がどの程度なのかが問題となってくることが考えられる。そこで、本研究では、地震災害時に住民がライフラインを利用できないことによる被害を地域別に固有地震危険度として定量的に表し、土地の評価基準に考慮されるような指標をつくることを目的とする。

本研究の目的である固有地震危険度の指標をつくる際、住民の観点から考える必要があり、各ライフライン施設はそれぞれが重要なものであるが、各施設の機能低下により生活が不自由になる度合も違ってくる可以考虑ができる。そこで、各ライフラインの重要度を、T.L.Saaty¹⁾の開発したAHP(Analytic Hierarchy Process = 階層化意思決定法)により決定する。その際、地震災害時には、最低限必要な施設だけを考えた方がより効率的・効果的に地震危険度を算出することが出来るため、対象を上水・下水・ガス・電力・交通・通信の各施設とする。

この研究を始める背景として、近年のGIS(Geographic Information System = 地理情報システム)の発達等により、想定地震によるライフライン使用不可期間を比較的容易に算出することが可能となったことをあげる。

2.ライフライン固有地震危険度の定義

各ライフライン施設は、ネットワークの構築方法、ノードから利用者までの距離により復旧にかかる日数が異なる。このことから、各地域は、震源地によらず一定の危険性を持っていると考える。また、数学では、行列が固有に持っている値を固有値と定義している。ここで、行列を1つの地域と考えると、各地域は固有に危険度を持っていると考えられる。このことより、本研究において、各地域がただ1つ持っている値を、固有地震危険度と定義した。

3.ライフライン固有地震危険度の算出方法の概要

3-1.シミュレーションによる各地域の地震発生からのライフライン使用不可期間の算出

このシミュレーションはそれぞれのライフラインをモデル化し、被害状況を算出する。地下埋設管の被害は地表面最大加速度の影響を最も受けると久保・篠塚²⁾らは提唱し、被害想定に地表面最大加速度の関数の算出式に使用している。このことより、各ライフラインの被害は地表面最大加速度によるものとして被害状況を算出する。また、対象地域を均一に評価するため、あるひとつの想定地震(過去の重大地震など)を設定するのではなく、対象地域に均一に地表面最大加速度を与え各地域のライフライン使用不可期間の算出を行う。

3-2.ライフライン使用不可期間の不確定性

シミュレーションより算出したライフライン使用不可期間は多くの不確定要素を持っている。モデル化による誤差や復旧モデルの精度など単なるシミュレーションであることで不確定要素が多い。このことより、シミュレーションより算出したライフライン使用不可期間はこのシミュレーション結果を平均ライフライン使用不可期間としたボアソン分布に従うものと仮定する。地震発生からの経過日数ごとにライフライン使用不可期間の発生確率を式(1)で算出する。

$$P_{i,j,d} = \frac{D_{i,j}^d}{d!} \exp \left\{ -D_{i,j} \right\} \quad \begin{array}{l} \text{但し、} i: \text{メッシュ番号} \quad j: \text{ライフライン番号} \\ d: \text{地震発生からの経過日数(日)} \quad D_{i,j}: \text{シミュレーション結果(日)} \end{array} \quad (1)$$

Key Words : ライフライン, 地域別, 地震危険度, 定量化

連絡先 : 〒229-1103 神奈川県相模原市橋本1-13-7 042-774-0648

3-3.地震発生から日数の経過の違いによる住民が受ける被害量の違い

住民が地震被害によりライフラインを使用できないことによる1日の被害量は日数の経過とともに大きくなると考えられる。地震発生からの日数経過の違いによる1日被害量の大きさを重み関数により経過日数ごとの被害量の違いを表す。ここでは、重大地震災害時の各ライフライン使用不可期間の最大日数は災害対策の基準より2ヵ月の60日とし、復旧日数の違いによる重み関数の決定は式(2)により行う。また、住民の受ける1日の被害の大きさと地震発生からの経過日数との関係を図1に示す。

Rd_{i,d} = \sum_{x=0}^d \exp \left\{ \frac{x}{60} \right\} \tag{2}

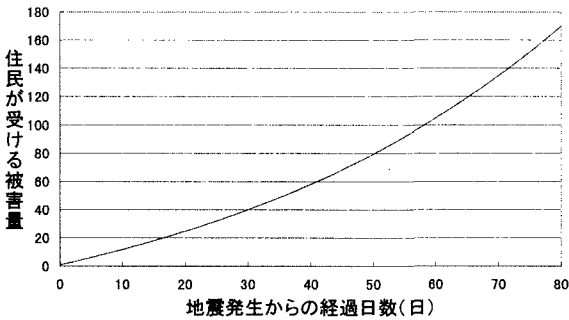


図1 住民が受ける復旧完了日の違いによる被害の大きさの違い

3-4.AHP による各ライフラインの重要度の決定

これまでは各ライフラインを並列に考えてきたが、各ライフラインにはそれぞれ特徴があり、生活に与える影響の大きさもそれぞれ違う。ここで、各ライフラインに重要度を付け、ライフライン固有地震危険度の定量化に役立てる。重要度の決定にはAHPを適用する。AHPは評価基準が曖昧で、複数ある場合に有効な意思決定方法である。ライフラインの重要度の決定への適用時の階層図を図2に示す。また、算出した各ライフラインの重要度I_jを表1に示す。

3-5.メッシュごとのライフライン固有地震危険度の算出

各ライフラインの重要度I_jと式(1),(2)より、メッシュごとのライフライン固有地震危険度を式(3)より算出する。

R_i = \sum_{j=1}^6 I_j \sum_{d=0}^6 P_{i,j,d} \cdot Rd_{i,d} \tag{3}

4.算出結果と考察

(3)式より算出された固有地震危険度は、地震発生日からの経過日数xの範囲により異なるが、xを0日から600日の範囲で算出した結果を示す。使用不可期間が10日では、12を取る。また、前者の8倍である80日では、173と14倍以上の値をとる。さらに、表2にある阪神・淡路大震災での平均的な使用不可期間を用いて算出すると、8を取った。

今回の研究の特徴は、重要度を用いることにより、地域住民の心理を考慮したこと、また、重要度によりすべてのライフライン施設をまとめて考えることが

出来たこと、そして地域別に固有地震危険度が変化することが挙げられる。今後の展望としては、他の手法での使用不可期間の算出による精度の向上、地表面最大加速度を超過確率として用いることにより多様な地震を考慮した固有地震危険度の算出などが考えられる。また、重要度を確率変数として扱えば、重み関数を組み込んだ形となり、固有地震危険度が確率で定量化できる。

<参考文献>

1) T.L.Saaty : Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill,1980.
2) 久保 慶三郎・篠塚 正宣：地震と都市ライフライン [京都大学学術出版会] 1998.

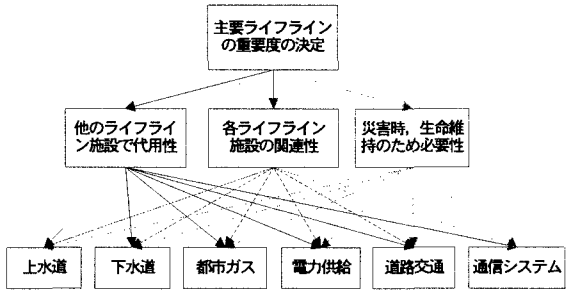


図2 ライフラインの重要度決定へ適用時の階層図

表1 重要度 表2 平均的な復旧完了日数

j	ライフライン施設名	重要度 I_j
1	上水道	0.328
2	下水道	0.142
3	都市ガス	0.058
4	電力	0.143
5	道路交通	0.235
6	情報通信	0.094

上水道	10
下水道	10
都市ガス	5
電力	2
道路交通	2
情報通信	10