

I-659

都市における地震災害の地域別危険度評価に関する研究

—ライフライン構造破壊と機能破壊—

金沢大学大学院 学生員 栗田哲良 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝  
 金沢工業大学 正会員 鈴木 有 金沢大学工学部 正会員 宮島昌克  
 金沢大学工学部 正会員 池本敏和

1. はじめに 都市型震災は多様な被害の同時発生・波及・相互影響という性質を持ち、その予測・防止・軽減のためには、多角的な分析を行う必要がある。本研究では、地震災害の被害の諸様相間の相互作用を一貫して捉え、それぞれを体系的に定量化する方法を開発する。このとき、対象とする地域をいくつかの中区域からなる金沢市市街化区域として、地震災害による種類別地域別の危険度を、過去の被災事例に基づいて可能な限り定量的に、しかも各中区域について相対的評価ができる方法を考える。ここで中区域とは、町丁が10程度集まった区域のことであり、ほぼ小学校区の規模に相当する。ここではライフラインを取り上げ、ライフラインの構造破壊と機能破壊について考察する。

2. 危険度評価法の概要 (1) 地震被害様相 地震による多様な被害をマクロに捉え、計算にのせるという危険度評価の立場から、被害様相相互の関連を地域特性を含めてなるべく簡潔に示そうと試みたのが【図1】である。この図は地震災害の流れを示しており、時系列に対応して左から右へ方向にのみ被害が生じるものと考えている。

(2) 特性値と危険度の評価式 地域を性格づける多くの特性量の中から、地震災害の発生の原因となりこれを加速し拡大あるいは抑制する要因を選別して、さらにこれらに関連する指標群を抽出する。以上のような観点に基づき、地域特性値と地震災害危険度の評価式を構築した。評価式の例としてライフラインの構造破壊と機能破壊の評価式をその設定の根拠とともに【表1】、【表2】に示した。

3. 評価式の例 評価式の構築例としてライフライン(上水道)の機能破壊について述べる。上水道の機能破壊は「何人」が、「どのくらいの期間」、「どの程度」の断水を受けるかで評価されると考える。上水道の機能破壊の可能性を、

「その機能破壊の全体への寄与の程度は、何人がどのくらいの期間断水の影響を受けるかで支配される」とする。「断水の程度」は構造破壊により支配されると考えられるので、上水道の機能破壊に関わる指標として、断水影響を受ける「期間」と「人数」に関する要因を選定する。断水の影響を受ける「期間」は復旧作業の早さに関係するが、宮城県沖地震のデータによれば破壊箇所数が多いほど復旧するまでに時間

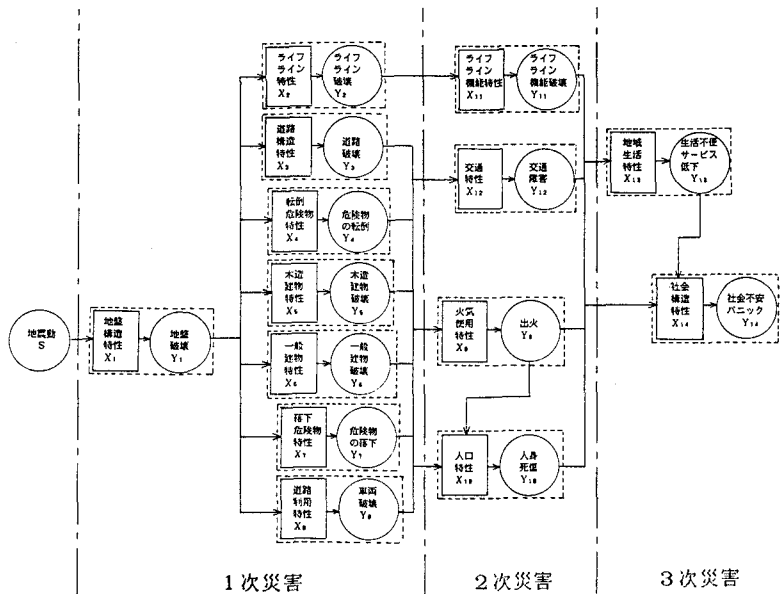


図1 被害様相の相互関連を示すフローチャート

がかかっている。ここでは復旧の優先順位等を考慮せず、管路の破壊箇所数が多いほど復旧するまでに時間を要し、地域への影響が大きいと考え、「期間」に関わる指標として「管種別の敷設延長距離」と「管種別の壊れ易さ」を選定する。断水の影響を受ける「人数」は対象とする中区域の人口が多く、中区域内の配水管路の延長が短いほど配水管の必要度合いが高いと考えられる。また、管径の太い配水管路の機能破壊による影響は、細い管路の機能破壊の影響より大きいと考えられるため、配水管を幹線（径 300mm 以上）と枝線（径 300mm 未満）に分け、幹線の機能破壊の影響度が枝線の何倍に相当するか換算することにより、このことを考慮した。

4. 評価式の適用 金沢市の市街化区域を適用対象地域として、地震動の強さを標準（震度  $V^0$ ）とした場合の危険度評価を行った。評価結果の例を【図2】、【図3】に示す。本研究では、危険度をあらかじめ設定した標準の地域（対象全地域の平均特性を持つ地域）に対する被害発生の相対的危険度と定義し、予め設定する標準中区域の場合が1になるよう基準化している。また、地域特性値、危険度はそれぞれ標準の中区域の面積に換算した密度としての特性値、危険度である。

これらの図より次のような分析ができる。①ライフライン構造破壊の特性値は建物の密度が高い中区域で高い値をとる。これは、建物の密度が高い地域は管路の密度も高いためである。②ライフライン構造破壊の危険度は構造破壊の特性値と地盤破壊危険度が高い中区域において高い値をとる。このことは、地盤破壊の影響がライフライン破壊に波及するという災害連鎖の関係が反映されていることを示している。③ライフラインの機能破壊の特性値は人口密度の高い中区域で高い値をとる。これは、機能破壊の影響を受ける人数が多いためである。

5. おわりに 都市空間において、設定した地震被害様相に関わる危険要因の量を、その危険の質を考慮して数量化する方法に基づき加算し、さらに被害発生の時系列上の関連性を取り入れて、被害の諸様相に関わる各危険度を、簡潔性と合理性と被害量との対応に配慮しつつ、地域ごとに相対的に定量評価する方法を提案した。適用例によれば、特性値と危険度の評価結果は地域の実情をよく反映しており、危険度相互の量的な関係もほぼ適切に表現されていることから、本評価法の妥当性と有効性を確認した。

表1 地域特性値の評価式

| 地域特性値    | $X_i$    | 評価式   | 評価式設定の根拠                |
|----------|----------|---|-------------------------|
| ライフライン構造 | $X_2$    | 上水道： $X_{2W} = \xi_{21W} \cdot \xi_{22W} / \bar{X}_{2W}$                      | →管種別の壊れやすさと管路の敷設延長に比例する |
| ライフライン機能 | $X_{11}$ | 上水道： $X_{11W} = \xi_{111W} \cdot \xi_{112W} \cdot \xi_{113W} / \bar{X}_{11W}$ | →断水を受ける比例し、利用人口に比例する    |

表2 地震災害危険度の評価式

| 評価項目     | $Y_i$     | 評価式                                   |
|----------|-----------|---------------------------------------|
| ライフライン構造 | $Y_{2W}$  | 上水道： $Y_{2W} = X_{2W} \cdot Y_1$      |
| ライフライン機能 | $Y_{11W}$ | 上水道： $Y_{11W} = X_{11W} \cdot Y_{2W}$ |

【注】 $\bar{X}_i$  = 全中区域の平均値

$Y_1$ ：地盤破壊危険度

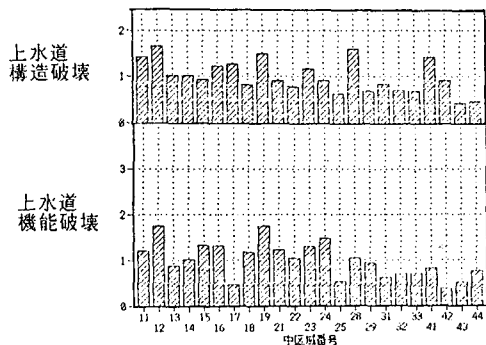


図2 地域特性値

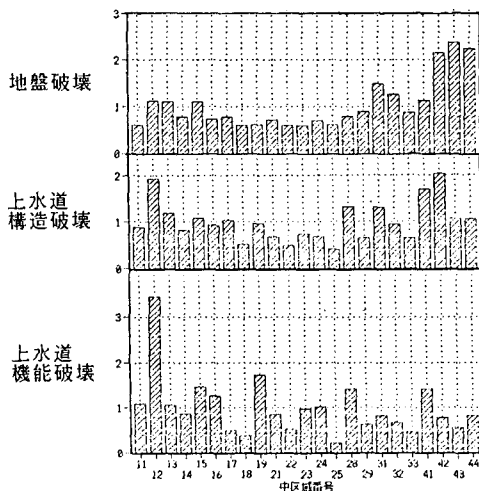


図3 地震災害危険度