

大震時における道路閉塞危険度評価法の開発と 金沢市への適用

小谷武司¹・池本敏和²・北浦 勝³

¹金沢大学大学院自然科学研究科前期課程 (〒920 金沢市小立野 2-40-20)

²正会員 金沢大学技術官 工学部土木建設工学科 (〒920 金沢市小立野 2-40-20)

³正会員 工博 金沢大学教授 工学部土木建設工学科 (〒920 金沢市小立野 2-40-20)

兵庫県南部地震は阪神地区の交通網に甚大な被害を与えた。このときの交通網の寸断は、避難、救援、消火等の地震直後の活動のみならず、その後の復旧・復興活動にも大きく影響した。

本研究では災害時の道路被害に注目し、道路閉塞の危険度を簡易に評価する方法を開発した。また、兵庫県南部地震時の統計データをもとに本評価方法を神戸市の主要な幹線道路に適用し、評価結果と被害との比較検討を行った。その結果、両者の間には比較的良い対応が見られたことから、本評価方法の妥当性を検証することができた。さらに金沢市の統計データに本評価方法を適用し、大規模な地震を想定した道路閉塞危険度を求めた。評価結果は道路の実情をほぼ適切に反映させるものであった。

Key Words : road blockade, risk, evaluation, Hyogoken-Nambu earthquake

1.はじめに

兵庫県南部地震のような大規模な地震が都市を襲った場合、道路は避難、救援等の地震直後の活動のみならず、その後の復旧、復興活動の基盤となる。従って、都市の防災対策を考える上で事前に道路の被害程度を予測することは極めて重要なことと言える。本研究では地震時の道路被害によって引き起こされる道路閉塞の危険度を評価する方法を提案する。

2.危険度評価法の開発

本研究では、発生形態や特徴から道路施設の被害を、「路面の亀裂・段差といった道路本体の損傷」、「沿道建物の倒壊等による被災」、「信号・照明柱等の道路付属施設の転倒」、「一般道路橋および高架橋の倒壊」の4つの様相に分類した。

各被害様相による道路閉塞の危険度を、太田らの手法¹⁾を参考にし、「道路被害は地震動の強さと道路の持つ特性—道路環境特性—とによって一意的に決定される」との前提に立って定式化した。

図-1に地震発生から道路閉塞まで流れを簡単に示した。流れは地震動の入力に始まり、各々対応する道路被害が引き起こされ、道路の閉塞が発生すると

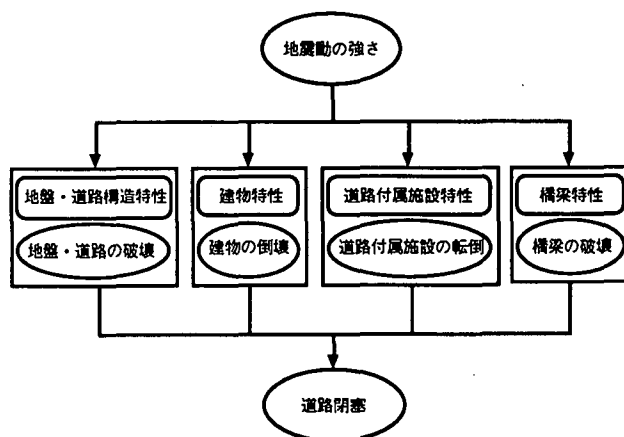


図-1 地震発生から道路閉塞に至る流れ

いうものである。ここでは各被害様相間相互の影響は無視して考えている。

3.評価式の構築

表-1は各道路被害様相を規定する道路環境特性を示している。様々な道路被害の分析結果に基づき、道路閉塞を進行もしくは抑制させる要因となる道路環境特性を抽出した。路線長や道路幅員等の道路に関わるデータや、各種構造物の形式、建設年代等のデータ、さらに、過去になされた被害要因分析結果

表-1 道路環境特性を規定する要因とその入力値

道路環境特性	ξ_i	要因とその入力値
地盤・道路特性	ξ_{11}	液化化の可能性 ←液化化指数 P_L 値 斜面崩壊の可能性 ←傾斜度
	ξ_{12}	道路の耐力 ←舗装厚
建物特性	ξ_{21}	構造形式 ←構造形式別の被害程度
	ξ_{22}	建設年代 ←建設年代別の被害程度
	ξ_{23}	密集度 ←単位路線長あたりの建物長さ
	ξ_{24}	道路幅員 ←道路幅員別の閉塞程度
道路付属施設特性	ξ_{31}	付属施設の種類 ←付属施設別の倒れやすさ
	ξ_{32}	付属施設の数 ←単位路線長あたりの数
	ξ_{33}	道路幅員 ←道路幅員別の閉塞程度
橋梁特性	ξ_{41}	構造形式 ←構造形式別の被害程度
	ξ_{42}	建設年代 ←建設年代別の被害程度
地震動	S	最大水平加速度 ←震度階級

「要因」←「入力値」を表している

表-2 各被害様相による道路閉塞の危険度評価式

被害様相	Y_i	道路閉塞危険度評価式
地盤・道路の破壊	Y_1	$Y_1 = \{ (\xi_{11} / \xi_{12}) S \} / \bar{Y}_1$
建物の倒壊	Y_2	$Y_2 = \{ (\xi_{21} \xi_{22} \xi_{23} \xi_{24}) S \} / \bar{Y}_2$
道路付属施設の転倒	Y_3	$Y_3 = \{ (\xi_{31} \xi_{32} \xi_{33}) S \} / \bar{Y}_3$
橋梁の破壊	Y_4	$Y_4 = \{ (\xi_{41} \xi_{42}) S \} / \bar{Y}_4$

$\bar{Y}_i$ は標準道路の閉塞危険度

表-3 道路閉塞危険度を用いた路線区分の基準

路線危険度	区分の基準
危険度ランク A	$(\mu + \sigma/2) \leq \text{道路閉塞危険度 } Y_i$
危険度ランク B	$(\mu - \sigma/2) \leq \text{道路閉塞危険度 } Y_i < (\mu + \sigma/2)$
危険度ランク C	道路閉塞危険度 $Y_i < (\mu - \sigma/2)$

4.道路閉塞危険度評価法の検証

本評価法の妥当性を検証するため、1995年の兵庫県南部地震当時の神戸市を対象に、先に構築した評価法を適用し、評価結果と実際の被害との比較を行った。

評価対象となった道路は、神戸市灘区、東灘区、中央区、兵庫区を東西方向に走る国道43号線、国道2号線および主要地方道と、これらの道路を南北方向に結ぶ主要な道路、さらにポートアイランドと六甲アイランド内を走る道路である。これらの道路が交差する地点で路線の分割を行い、評価対象路線として51路線を設定した。

5.評価結果と実際の被害との比較

評価結果の一例として、建物の倒壊による道路閉塞の危険度を図-2に示した。評価結果から、灘区、東灘区の路線の危険度が高いことが伺える。これは、両地区に多く存在する比較的古い建物や木造建物の影響が結果に現れたためだと考えられる。

灘区、東灘区の建物被害は、「震災の帯」と呼ばれる地域である事もあって、木造建物の倒壊率は70%から80%にまで及んでいる。図-3に評価対象路線で確認された建物の倒壊による道路閉塞の有無を示した。

建物の倒壊による閉塞危険度については、危険度ランクAと判別された路線は13路線であり、その中の7路線で実際に建物の倒壊による道路の閉塞を確認することができた。また、危険度ランクCと判別されながらも、実際に閉塞が確認された路線は、わずか2路線であったことから、評価結果と実際の被害との一致を確認することができた。

等を用いて各要因の入力値を設定した。

入力地震動については、その大きさを加速度で表現することとし、気象庁震度階に対応する加速度をもって入力値とした。

各被害様相による道路閉塞の危険度評価式を表-2に示した。評価式の構築に当たっては、簡潔性と合理性に配慮するという観点から、四則演算式を導入した。閉塞を進行させる要因については乗ずる形で、閉塞を抑制させる要因については除する形で要因を組み合わせた。

各被害様相による閉塞危険度 Y_i は、あらかじめ設定した標準道路に対する相対的な危険度として表した。ここでいう標準道路とは、各道路被害様相による閉塞の危険度が基準 (=1) となるような道路である。今回の評価では、評価対象となるすべての路線の閉塞危険度の平均値を標準道路の値とした。

また、評価式から得られる危険度値を用いて危険度を3つに区分した。各路線の閉塞危険度の量的関係を閉塞危険度の平均値 μ と標準偏差 σ を用いて、表-3のように設定した。危険度が高い順に危険度ランクA、危険度ランクB、危険度ランクCである。

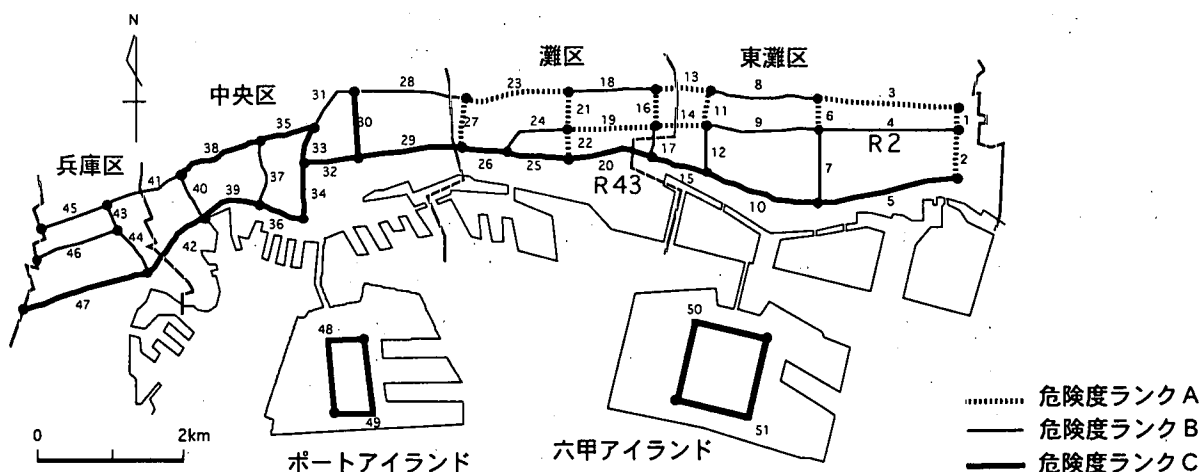


図-2 建物の倒壊による閉塞の危険度ランク

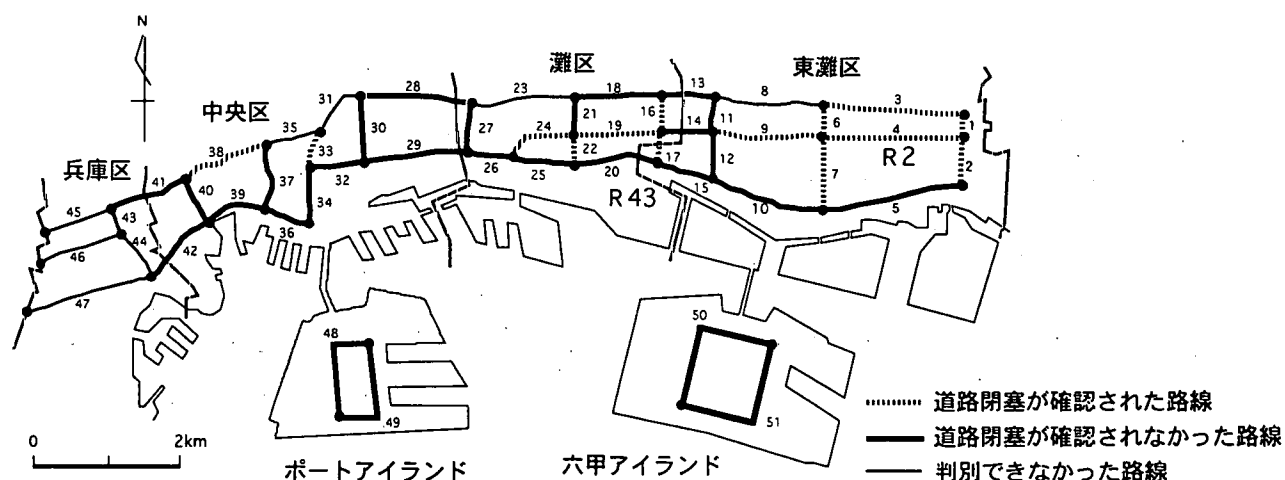


図-3 建物の倒壊による道路閉塞の有無

紙面には掲載していないが、地盤・道路の破壊による閉塞危険度、橋梁の破壊による閉塞危険度についても評価結果と実際の被害との比較を行った。地盤・道路の破壊による閉塞危険度については、14路線が危険度ランク A と判別され、その中の 7 路線で実際に地盤・道路の破壊が確認できた。また、危険度ランク C と判別されながらも、地盤・道路の破壊が確認された路線は、24 路線中 14 路線であった。橋梁の破壊による閉塞危険度については、9 路線が危険度ランク A と判別され、その中の 5 路線の橋梁に重度の被害が確認された。また、危険度ランク C と判別されながらも、橋梁に重度の被害が確認された路線は、13 路線中 1 路線であった。なお、道路付属施設の転倒による閉塞危険度については、十分なデータが集まらなかったためここでは省略した。

以上の評価結果と実被害の結果との対応から、今回の評価が広域な路線を対象とした簡易的な評価であったことを踏まえると、本評価法の妥当性をほぼ

確認することができたと思われる。

6. 金沢市への適用

次に本評価法の金沢市への適用を行った。評価対象となった道路は、金沢市内を走る国道 8 号線、国道 157 号線および主要地方道である。これらの道路が交差する地点で路線の分割を行い、評価対象路線として 53 路線を設定した。想定した地震は、加賀平野における断層を震源としたマグニチュード 7.0 の地震である²⁾。

7. 評価結果の考察

各道路被害様相による道路閉塞危険度の評価結果を図-4 から図-7 に示す。これらの結果から次のことが言える。

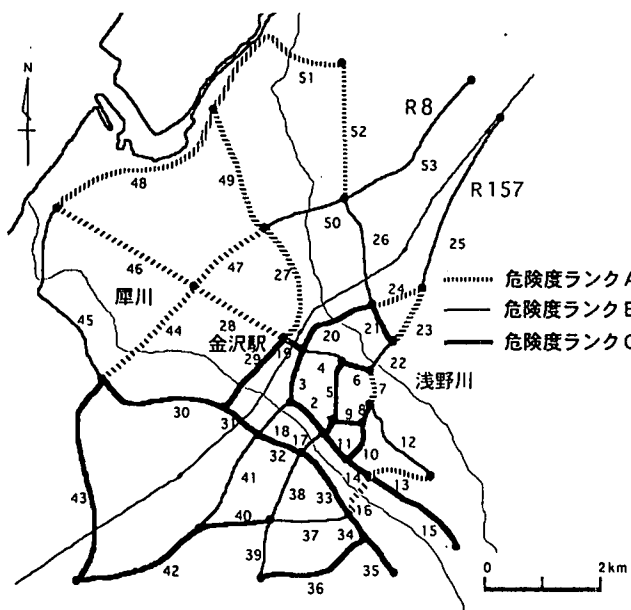


図-4 地盤・道路の破壊による閉塞危険度

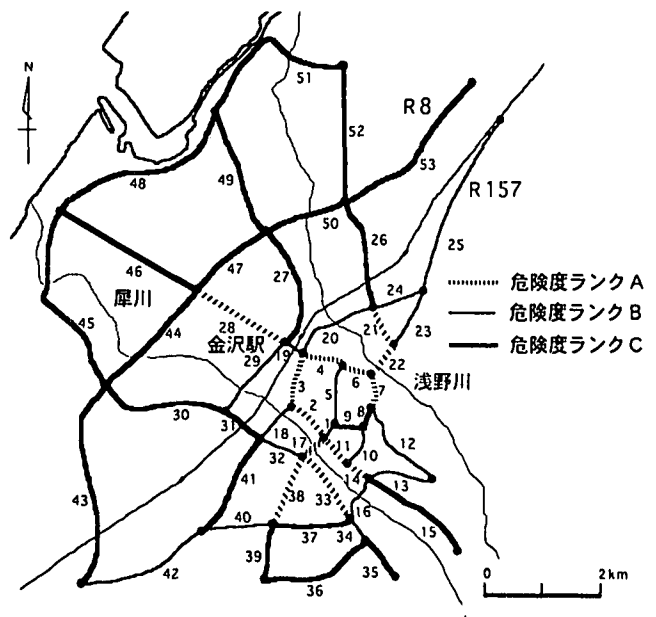


図-5 建物の倒壊による閉塞危険度

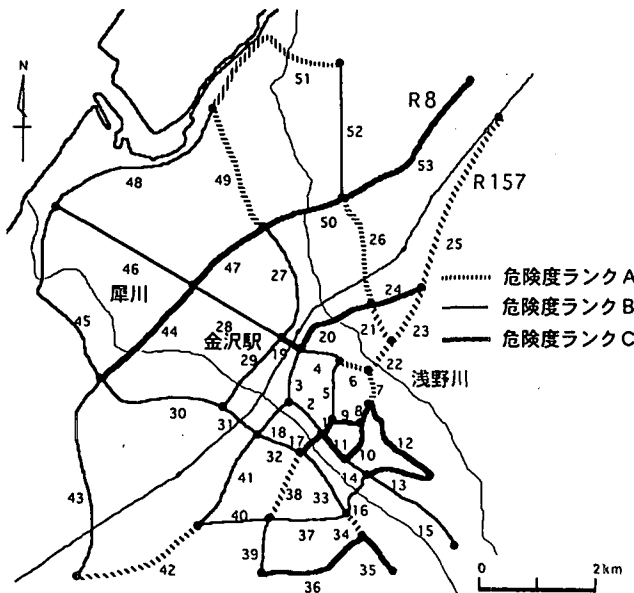


図-6 道路附属施設の転倒による閉塞危険度

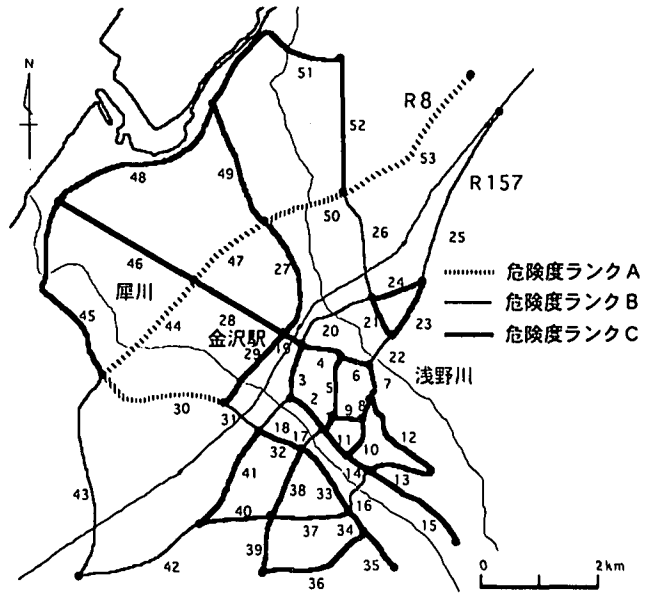


図-7 橋梁の破壊による閉塞危険度

- ・地盤・道路破壊による閉塞危険度は金沢市の北部で高い。これは金沢市北部の地盤が緩い砂層地盤で、液状化の可能性が大きいためと言える。
- ・建物の倒壊による閉塞危険度は金沢市の中心部で高い。この理由としては、住宅の密集度の影響が挙げられるが、金沢市に多く存在する木造建物の影響も考えられる。
- ・道路附属施設の転倒による閉塞危険度は国道157号線で高い。
- ・橋梁の破壊による閉塞危険度は北陸自動車道と並走する国道8号線で高い。

以上の評価結果は金沢市の道路の実情をよく反映しているものであり、危険度相互の量的な関係もほぼ適切に表現されていると考えられる。

8.終わりに

大震時における道路閉塞という被害に注目し、その危険度を評価する方法を提案し、実際の適用を通してその有用性を確認した。

今後は評価式の改良を進め、道路閉塞の危険度を定量的に求めることが望まれる。

参考文献

- 1) 太田 裕：「地域統計資料にもとづく行政区別耐震性評価の試み—都道府県—」，自然災害資料解析 9，pp.1～14，1982。
- 2) 石川県消防防災課：石川県地震被害想定調査 中間報告書概要版，1996。