

表-1 震災直後の幹線系道路に影響する施設・要因等

対象施設	機能障害要因等	想定被害	サービス低下の種別	影響性		整備・利用の現状		閉塞要因としての考慮の有無 [*]
				被害発生確率	被災時サービス低下量	被害発生確率	被災時サービス低下量	
道路施設	路面	ひび割れ、段差	速度低下	高	中	無	無	△
	橋梁	落橋、損傷	車線数減少	中	多	有	無	○
	盛土	法面の崩壊	車線数減少	中	多	有	無	△
	トンネル	坑口の崩落	車線数減少	低	少	有	無	×
沿道・占用施設(地上)	跨道橋	落橋、損傷	車線数減少	中	中	有	有	○
	歩道橋	落橋、損傷	車線数減少	高	少	有	無	×
	擁壁	倒壊	車線数減少	中	中	有	無	△
	電柱	倒壊	車線数減少	高	中	有	無	△
	低層建築物	倒壊	車線数減少	高	中	有	有	○
	高層建築物	倒壊	車線数減少	中	中	有	有	○
沿道・占用施設(地下)	水道管	損傷	速度低下	中	少	有	無	×
	ガス管	損傷	速度低下	中	少	有	無	×
	地下鉄	陥没	車線数減少	低	少	有	無	×
	地下街	陥没	車線数減少	低	少	有	無	×

*検討項目の選定の記号の意味

○：検討対象として考慮する。

△：検討対象として考慮する(データが少なく、手法が確立していない)。

×：検討対象として考慮しない。

(2) 地震時交通状況評価の枠組み

これまでに、道路施設の耐震性評価や道路ネットワークの脆弱性評価については調査・研究がなされているが、地震時の交通需要を含めた総合的な交通状況評価については、ほとんど検討がなされていないのが現状である。そこで、筆者らは総合的な交通状況評価手法の枠組みとして、図-1に示すフローを提案している¹⁾。この中で特に重要なモジュールは a) 幹線系道路の機能障害危険度評価モジュール、b) 緊急活動に伴う交通需要推計モジュール、c) 交通状況シミュレーションモジュールの3つであり、本文では、このうち a) の機能障害危険度評価手法の概要と同手法によるケーススタディー結果について以下に述べる。

3. ケーススタディー

(1) 幹線系道路の機能障害危険度評価手法の概要

本研究で対象とする幹線系道路は兵庫県南部地震の被害調査結果より、地震時においても車輛の通行可能性が高い道路という観点から幅員が8m程度以上としており、幅員の幅から路面の全面的な損傷や橋梁部分の被災、跨道橋の落下等による通行不能を除けば、沿道施設の倒壊により道路が完全に閉塞する可能性は低い。幹線系道路の機能障害を評価する場合には、完全閉塞の有無だけでなく、通行可能な車線数の減少や、自動車の自由走行速度の低下という段階的な評価を行う必要がある。そこで、兵庫県南部地震を主とした被害報告を調査し、その被害の発生頻度と交通に対する影響について、表-1にとりまとめた。表-1で選択した施設(閉塞要因としての考慮の有無で○、△印を付けた施設)より、図-2に示す道路区間の機能障害危険度評価の全体フローを作成した。これは、完全閉塞要因と車線減少要因より、道路区間の閉塞確率を算出し、これに放置車両の影響を考慮することにより、道路区間のフラジリティを算出すると

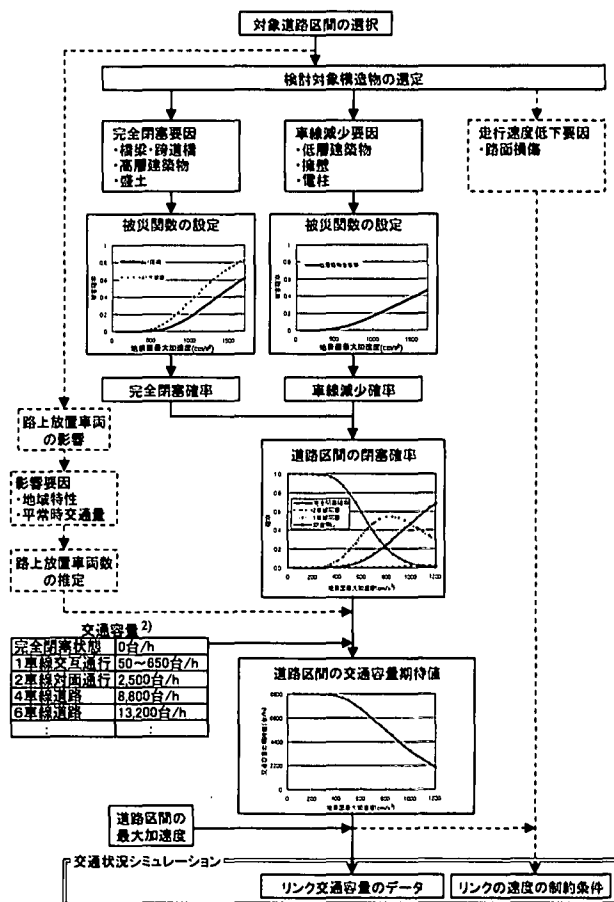


図-2 道路区間の機能障害危険度評価の全体フロー

いうものである。

さらに、道路区間の状態別閉塞確率から交通容量の期待値を算出し、道路区間の状態をよりわかりやすく表現するための指標の一つとして用いることとした。

(2) 被災関数と施設被害時の影響の設定

以下に、閉塞要因として考慮した施設(表-1中の○印を付けた施設)の被災関数及び被災時の交通に対する影響の設定方法を示す。なお、表-1中の△印を付けた施設については被災関数が明らかにされていないため、ここでは考慮していない。

a) 橋梁の被災時の影響

橋梁が検討対象区間に含まれる場合は図-3に示す山崎ら³⁾の被災関数(兵庫県南部地震の被災に基づいており、橋梁の準拠した設計基準や基礎形式、耐震補強などの条件は考慮されていない。)において、被害ランクA(被害大)およびAs(落橋)のとき完全閉塞を起こすものとした。また、跨道橋の場合は被害ランクAsの場合のみ、完全閉塞するものとした⁴⁾。

b) 高層建築物の被災時の影響

高層建築物が、被災し幹線系道路に倒れてきた場合は、完全閉塞するものとした。被災関数としては、図-4に示す林らの関数⁵⁾を用いることとした。ここで、被災した高層建築物が幹線系道路に倒れ込む確率については、

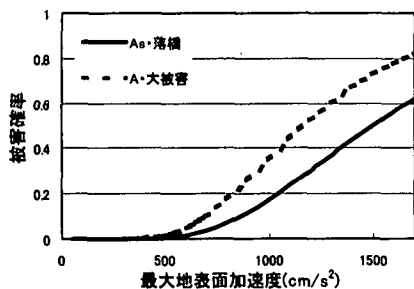


図-3 橋梁の被害関数³⁾

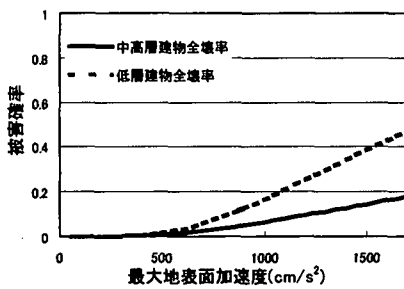


図-4 建築物の被害関数⁵⁾

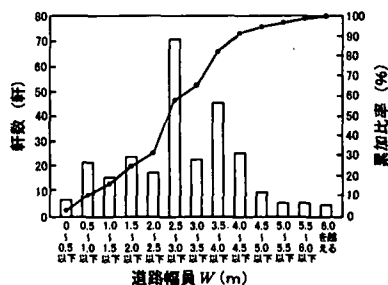


図-5 低層建築物の倒壊によるはらみだし量の分布⁶⁾

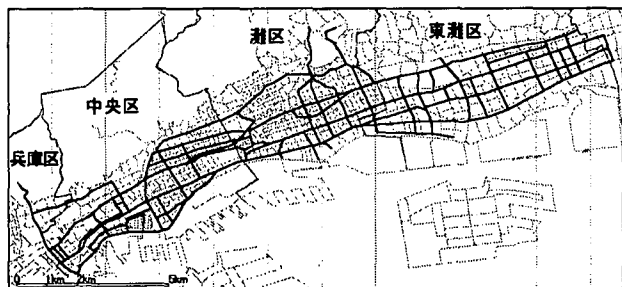
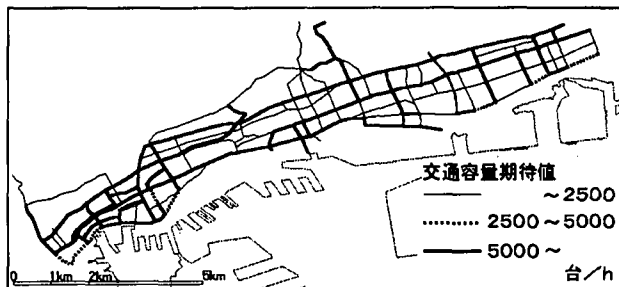
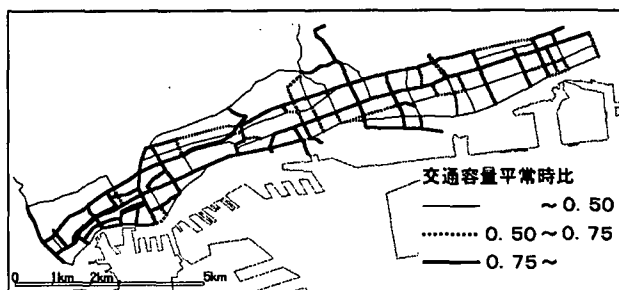


図-6 ケーススタディー範囲



(a)地震後交通容量期待値(800gal 作用時)



(b)地震後交通容量平常時比(800gal 作用時)

図-7 ケーススタディー結果

神戸市中央区の被災事例において、被災高層建築物のうち路線の交通に影響を与えたものの割合が約3%であったことから、最終的に完全閉塞を起こす確率は、「被災確率 $\times 0.03$ 」とした。

c) 低層建築物の被災時の影響

低層建築物の被災関数として、高層建築物と同様に、図-4に示す林らの関数⁵⁾を用いた。被災時に幹線系道路にガレキがはらみ出す確率は、阪神・淡路大震災調査報告⁶⁾より、0.482とした。また、低層建築物被災時にガレキが敷地より道路にはらみ出す量については、同報告書を参考にし、図-5に示す関数を用いた。

(3) 道路区間のフラジリティーの設定

a) 通行可能車線数の考え方

低層建築物の被災は通行車線数を減少させるが、この場合少しでも車線にはらみ出しがなかった場合には、その車線は使用不能であるとした。また、中央分離帯が設置されていない路線については、道路中央を越えた走行が可能であるとした。中央分離帯がある場合には、それぞれ片側だけで車線減少数を判断した。

b) 閉塞状態の生起確率の考え方

閉塞状態は、最初にそれぞれの加速度に対する完全閉塞生起確率と通行可能車線数ごとの生起確率を独立して求め、その後、各通行可能車線数ごとの生起確率は、完全閉塞事象の余事象に対する生起確率であるため、(1-完全閉塞確率)を乗じて生起確率とした。

c) 交通容量の期待値の算出

評価指標としての交通容量の期待値は、各加速度において、使用可能な車線数の生起確率に、それぞれの交通容量²⁾を乗じて算出した。

(4) ケーススタディー地区の選定

ケーススタディー地区として、兵庫県南部地震で被害が生じた地区の中から、東灘区、灘区及び中央区の市街地を中心に選定した。ケーススタディー地区から対象として選び出した幹線系道路網を図-6(図中の太線部分)に示す。対象道路の選定方法は以下の通りである。

- ・都市計画基本法による都市計画道路の幹線街路を基本ネットワークとする。
- ・上記道路であっても、2車線以上の道路幅員を有していない場合は、対象外とする。
- ・都市計画道路以外であっても、交通状況から判断して重要と考えられる2車線以上の道路は対象として加える。
- ・自動車専用道路は地震直後において、点検等のために通行できないため対象外とする。

以上の結果、対象とした道路ネットワークは、236リンクであり、そのうち橋梁または跨道橋を含むものは69リンクである。

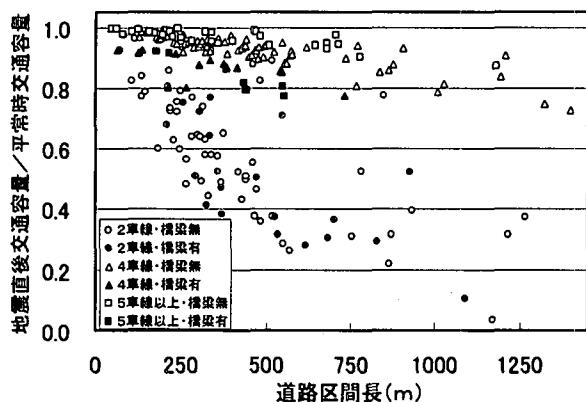


図-8 地震直後交通容量の平常時比

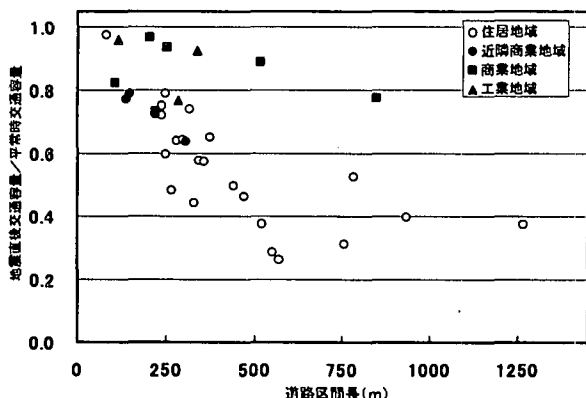


図-9 類似用途地域区分ごとの地震時交通容量平常時比(2車線、橋梁等無し)

(5) ケーススタディー結果

本ケーススタディーでは、各道路区間に存在する橋梁、跨道橋、高層・低層建築物数から、それぞれの区間のフラジリティを求め、それぞれの道路区間に一律 800gal の加速度を与えた場合の地震直後の交通容量期待値を求めた。求めた交通容量期待値を図-7(a)に、平常時の交通容量との比率を図-7(b)に示す。

交通容量の低下の傾向を明らかにするために、ケーススタディー結果を、車線数ごとに3区分(2車線、4車線、5車線以上)し、橋梁あるいは跨道橋を含むか否かにより区分し、合計6分類で道路区間長と交通容量比(地震直後交通容量/平常時の交通容量)をプロットしたのが図-8である。なお図中では、阪神高速道路、六甲ライナー、ポートライナーが道路上に建設されている道路区間については、対象外としている。図-8より、2車線道路では橋梁の有無に関わらず、道路区間長が長くなると急激に交通容量比が低下する。これに対し、4車線以上の道路では道路区間長に比例し交通容量比が低下するもののそれほど急激ではない。また、橋梁が存在する道路区間については、橋梁が無い道路区間に比べて交通容量比が明らかに低下している。

2車線の道路については同じ道路区間長においても交通容量比のばらつきが大きいことから、橋梁・跨道

表-2 類似用途地域区分毎の建築物数

名称	対象用途地域区分	対象区間数	低層建築物数 ¹⁾	中高層建築物数 ¹⁾
住居地域	第一種低層住居専用地域、第二種低層住居専用地域、第一種中高層住居専用地域、第二種中高層住居専用地域、第一種住居地域、第二種住居地域、準住居地域	23	77	21
近隣商業地域	近隣商業地域	4	75	14
商業地域	商業地域	6	44	25
工業地域	準工業地域、工業地域、工業専用地	3	39	9

*1)各道路区間内の両側の建築物数(棟/kmの換算値)の平均値

橋を含まない道路区間について、用途地域区分を参考に4分類しプロットしたのが、図-9である。また、道路区間の交通容量比の違いは、沿道建築物の構成に起因することから、表-2に図中の4分類と用途地域区分の関係及び各分類における沿道建築物の数量を示す。図-9および表-2より、各用途地域区分ごとに沿道施設の特徴が現れており、これが交通容量比に影響していることが分かる。

4. まとめ

本文のまとめは以下のとおりである。

- (1) 図-1に示した防災性評価手法の枠組みに基づき、具体的な道路区間の機能障害危険度評価手法について示した。
- (2) 神戸市の市街地を対象として、具体的な幹線系道路ネットワークを示し、ケーススタディーとして本評価手法を適用した。

今後、兵庫県南部地震時に観測された加速度分布を使用して被災実態と評価結果を比較し、区間毎の機能障害危険度評価の妥当性について検討する予定である。謝辞：本検討に際しては、(財)国土開発技術センターに設けられた「防災性能評価分科会、地区施設等効果分析幹事会」(家田 仁主査)等において種々有益なご指導を賜った。ここに記して厚く御礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 杉田秀樹, 大谷康史: 幹線系道路の信頼性評価に関する検討, 第55回土木学会年次学術講演会, 1-B pp. 530-531, 2000. 9
- 2) 社団法人日本道路協会: 道路の交通容量, 1984. 9
- 3) 山崎文雄, 大西淳一, 田山聡: 高速道路構造物の早期被害推定法の提案, 第3回都市直下地震災害総合シンポジウム, pp. 403-406, 1998. 10
- 4) 社団法人 日本道路協会: 道路震災対策便覧(震災復旧編), 1988. 2
- 5) 林康裕, 宮腰淳一, 村田和夫: 1995年兵庫県南部地震の地震動強さと建物被害の検討, 清水建設 IRI 研究報告 97-01, 1997. 3
- 6) 阪神・淡路大震災調査報告(交通施設と農業施設の被害と復旧): 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会, 社団法人土木学会, 1998. 2