

大規模地震による街路閉塞予測 シミュレーションの構築

赤倉 康寛¹・高橋 宏直²・中本 隆³

¹正会員 工修 運輸省 港湾技術研究所 計画設計基準部 システム研究室
(〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

²正会員 工修 運輸省 港湾技術研究所 計画設計基準部 システム研究室長

³正会員 工修 国土庁 計画調整局 総合交通課

本研究は、今後発生し得る大規模地震による街路閉塞の被害を予測することを目的としたものである。本研究では、街路閉塞の発生を旧気象庁震度階を基にした地震動強さと街路幅員によりモデル化し、これによる予測結果を既往の研究における兵庫県南部地震での実測状況と比較、概ね一致していることを確認した。さらに、本研究のモデルを用いて横浜市中心地域が関東大地震と同規模の地震を受けた場合の被害予測を行い、これにより都市の地震災害に対する総合的な対応方策の検討の一部となり得ることを示した。

Key Words : street blockage, Hyougoken-Nanbu earthquake, street width, earthquake intensity, Kanto great earthquake

1. 序論

1923年の関東大地震（関東大震災）以降、昭和時代を通し人口100万人を超える過密都市を直撃し、1,000人以上の死者を出した地震は発生しなかった。その間の昭和時代においては、都市へ大きく人口が移動し、生活様式も大きく変化した。一方で、関東大地震以降、1964年の新潟地震、1978年の宮城県沖地震等の被害を踏まえ建築基準法、コンクリート標準示方書、鉄道構造物等設計基準、道路橋示方書等の耐震基準が改訂され構造物の耐震性は向上してきたと考えられる。このように、ハード面ではある程度対応がとられてきたのに対し、ソフト面においては相対的に遅れていたのが従来の地震対策であったと考えられる。

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震は、現代の大都市を大規模地震が直撃した場合にどのような被害が生じるのかを示したものとと言える。個々の構造物の被害はもちろんのこと、都市総体としての被害は大きいものがあった。これは、とりもなおさず、大都市を大規模地震が直撃しない間に都市の状況・機能が変化し、ハード面の不備だけでなく、ソフト的な対応が遅れてきたことを示していると考えられる。建築物同士が狭い間隔で立ち並び、狭隘

な街路と電信柱が依然として存在する街区において発生した街路閉塞が、消防活動や警察・自衛隊による救援活動の大きな妨げとなった¹⁾こともこの例であろう。さらに、この街路閉塞は救援物資の運搬、都市機能の復旧の上でも障害となった^{2),3)}。

このような状況を踏まえ、兵庫県南部地震を契機として、都市全体としてのソフト面で災害対策を考える動きが起きてきている。各地方自治体での地域防災計画の策定・改訂をはじめとし、防災情報システム^{4),5)}、リアルタイム地震防災システムの構築⁶⁾が行われ、学会としても1997年9月に「阪神・淡路大震災に学ぶ一土木計画からのアプローチ」とのシンポジウムが開催されるなど、都市計画の観点における地震防災が強く意識されるようになった。これらの動きは、地震災害を建築物の被害と直結させるハード面の傾向が強かった、兵庫県南部地震以前とは大きく異なるものであると考えられる。著者らも、臨港都市でこの災害が発生したことを踏まえ、都市としての緊急対応の状況を港湾の被害との関連を踏まえながら考察を行った^{7),8)}が、これを将来起こり得る地震への対策に転換していかなければならない。以上の状況を踏まえ、本研究は、今後発生し得る大地震による街路閉塞の被害を予測する簡易なモデルを構築し、これを兵庫県南部地震の被害により検

証をした上で、他地域への適用を試みるものである。

2. 既往の研究

家田らは、航空写真を用いて街路閉塞の発生状況を、長田、兵庫、三宮、春日野道、六甲道、魚崎、芦屋の7箇所において厳密に調査し、残存車道幅員を各街路について求めている¹⁾。さらに、測定されたガレキ幅について、街路幅員の上限効果によるバイアス及び街路リンクの長さによるバイアスの補正処理を行い、建築物の倒壊などによって発生するガレキの発生特性を説明する推定式を示している。加えて、この推定式により街路閉塞確率と兵庫県南部地震による街路の閉塞状況を比較・評価するとともに、街路拡幅を行った場合についても閉塞確率を算定している^{9)・11)}。この推定式は、東京市街地へも適用されている¹²⁾、しかし、推定式において、地震動特性を考慮する要因を必要としながらこれを直接の説明要因としては用いていない。

また、家田らは、兵庫県南部地震を経験した消防隊員、警察官、自衛官を対象としてアンケートを実施し、街路閉塞が救助、消火、救援活動に対して及ぼす影響の把握に努めている¹⁾。さらに、消防隊員の危険度判断と街路閉塞現象の発生とを結びつけている¹³⁾。

塚口らは、航空写真を用いて灘区六甲地区の山麓からハーバーウェイまでの範囲の街路閉塞状況を調査し、震度、木造建物延長率、街路幅員等を要因として数量化Ⅱ類によるモデル化を行い、調査した閉塞状況と比較している¹⁴⁾。本モデルは、震度を含む多くの説明要因からなっており、調査された被害状況に対して車両通行可否の判定で8割近い中率を示している。また、この閉塞確率から、街路網の防災性の尺度として到達可能ノード率を提案している¹⁵⁾。さらに、幅員8m及び12mの中街路を200m、300m間隔で整備した場合について閉塞状況の予測をし、防災性の比較を行っている¹⁶⁾。しかし、予測モデルの構築にあたって用いられている街路閉塞の実測データは六甲地区のみであり、建築物の状況、街路構成や震度が大きく異なる地区への適用が可能であるのかどうか疑問が残る。

小谷らは、東灘区の比較的広い範囲を対象に、前二者と同じく航空写真により街路閉塞の状況を把握し、これと被災時の車両走行状況、駐車車両台数といったデータと結び付け、街路閉塞が交通流動に及ぼす影響について調べている^{17)・18)}。また、黒田らは街路閉塞現象について、現地調査と航空写真調査

を比較し、航空写真による調査の信頼性を評価している¹⁹⁾。しかし、これらの研究では街路閉塞状況を予測するモデルは構築されていない。

木俣ら²⁰⁾は、家田らの研究成果^{1)・9)}に基づき街路閉塞を街路の安全性を規定する一つの要因として、名古屋市域における震災時の路線の安全性を試算している。しかし、モデル自体の再現性の検証はなされていない上、地震動強さが考慮されていない。名古屋市域では兵庫県南部地震ほど大きな地震動は起こり得ないのか、あるいは兵庫県南部地震の規模では不十分なのか、といった観点の検証が必要はなはずである。

一方、内田ら²¹⁾は車両感知器データにより震災直後からの道路交通量を把握している。震災直後の交通行動の把握は、加藤ら²²⁾、日野ら²³⁾、小谷・松本²⁴⁾の研究に見られる。ODの把握についても、倉内・飯田²⁵⁾の研究がある。このような研究に見られるように、震災時の物資運搬機能等の街路の機能を発揮させるためには、街路閉塞箇所の把握だけでなく、閉塞状況を踏まえた交通量の把握が必要になってくる。飯田らは、道路交通マネジメントとしてこれらを扱っている²⁶⁾。街路閉塞現象の予測は、このような研究によって、より活かされていくと考えられ、この方向性を示すとりまとめが国際交通安全学会震災時道路交通マネジメントプロジェクト(委員長：飯田教授)において行われている²⁷⁾。

また、当該区域の地震危険度を表す一つの要因として街路閉塞発生の危険性を扱う試みが、建設省²⁸⁾や東京都²⁹⁾で行われている。このような試みは、地域防災計画や市街地再開発計画等において、有効な情報を与えるものになると考えられる。

著者らは、以上の既往の研究の状況を踏まえ、地震動強さと街路幅員により街路閉塞状況を予測できる簡易なモデルを構築した³⁰⁾が、いわゆる「震災の帯」の地震動強さの「斑模様」³¹⁾を検証において反映させられなかったために精度が余りよくない。さらにその検証も超震度7とした六甲道のみであり、震度7・6の下での閉塞状況が再現されているかどうかの検証はなされていない。また、横浜市域への適用においては、全域を一律に超震度7としたものであり、具体的な想定地震に対する結果ではない。

以上のように、既往の研究においては、今後発生し得る地震による地震動強さを把握し、これによる街路閉塞状況を予測するまでには至っていない。よって、本研究は、まず兵庫県南部地震による街路閉塞状況の実測結果を再現するモデルを構築し、これに地震動強さ算定モデルを組み合わせることで、今後発生し得る大規模地震による街路閉塞の状

況を予測することを目的とするものである。

本研究による、地震動強さに対応した街路閉塞予測シミュレーションが構築された場合、実際には以下のような目標において、地震防災上の寄与があるものと考えている。

①防災計画の策定：ある地域に被害をもたらし得る地震は、単一のものではない。日本列島には数多くの活断層があり、それぞれ様々な特性を持っている。したがって、そのような地震による地震動強さの分布も様々な場合が想定される。防災計画の策定においては、様々な地震による被害に対し、あらかじめ対応策を講じておく必要がある。本研究によるシミュレーションは、そのような対応策の策定を可能にする地震被害予測の一部を占めるものである。

②防災を考慮した街づくりの促進：地震による被害推定は、防災に配慮した街づくりを可能にする。既往の研究^{17)・18)}にもあるように、街路閉塞現象は地震による被害を助長するため、地震危険度の高低を判断するには大きな比重を占める要因である^{28)・29)}。また、地震危険度が高い地区について、市街地再開発や街路拡幅等の施策を行った場合において、その整備効果を測ることも可能になる。

さらに、防災計画と併せ、様々な地震発生時に確保しなければならない緊急輸送路等の道路網について、その中で弱い部分を明らかにし、補強していくことが出来るようになる。

③リアルタイム地震防災（早期地震被害推定システムによる対応）：地震発生後、出来る限り早い時間に被害状況を把握することは、緊急対応策の決定の上で非常に重要である。迅速な被害推定は、交通規制等の交通マネジメント、被害調査箇所の優先順位の決定、消防救援活動等の緊急対応において必要不可欠である。本研究によるシミュレーションは、簡易なモデルであるが故に、地震の規模とマグニチュードを特定すれば即座に推定することが出来、まさにこの目的に合致したものである。

以上の3つの目標は、本研究のみで十分なものではない。本研究によるシミュレーションの構築は、これらの目標を可能にするための大きな一歩であると考えている。

3. 街路閉塞発生の要因分析

(1) 街路閉塞発生の要因

街路閉塞は、周辺の建築物や電柱の地震被害により間接的に発生するものである。したがって、その発生状況を説明する要因としては、

①地震動による被害

- a 家屋等建築物の損壊によるガレキ
- b 家屋等建築物の火災によるガレキ
- c 電信柱等ポール類の損壊

②街路幅員

に大別されると考えられる。具体的には、①については、地震動強さが強くなるとa家屋等の建築物の損壊及びc電信柱等ポール類の損壊が多くなる。これには、建築物やポール類自体が倒壊し街路を占有する場合とともに、建築物の外壁、ガラス、瓦及びポールに付属する看板等の落下、電線の垂れ下がりなどにより通行の障害となる場合がある^{17)・18)}。また、直接の地震被害を受けない場合でも、b火災により建築物が被害を受けガレキが発生し、これが街路閉塞の原因となる場合もある^{17)・18)}。火災の発生は、電気器具の転倒や電源コードの損傷といった原因が挙げられる³²⁾ことからある程度建築物の損壊と関連づけられると考えられるものの、延焼については、風向、風速、消防活動の状況、隣接建物間の距離等によって説明されるため³²⁾、建築物の損壊と関連づけることは困難である。以上より、①の地震動による被害のうち、aとcは地震動強さにより説明されるが、bについて考慮する場合には別の説明変数を用いる必要がある。ここで、小谷らの研究^{17)・18)}からの著者の読み取りによれば、街路閉塞の原因は約91%がaであり、b・cはそれぞれ3%・4%程度にすぎない。また、家田らの研究¹⁹⁾によれば、ポール類の倒壊が地域によっては24%を占めたことが記されているが、bの火災によるガレキについては言及されていない。したがって、街路閉塞を引き起こす原因としては、主として建築物とポール類の被害を考えればよく、換言すれば街路閉塞の発生は、建築物及びポール類を媒介として地震動強さを説明変数として考えることになる。

一方、②については、街路の幅が広くなればなるほど、沿道からの障害物が発生しても、街路中央部に通行可能部分が残存するようになるため、幅の広い街路ほど車両通行が完全に不可能な状況に陥る確率が低くなるということである。

以上より、街路閉塞状況の説明変数として、地震動強さと街路幅員を用いることとする。なお、街路閉塞の発生予測モデルの構築及び検証のために用い

表-1 既往の研究^{1),14),17)}による街路閉塞状況実測地域のデータ

文献番号	地区名	家田ら ¹⁾							塚口ら ¹⁴⁾			小谷ら ¹⁷⁾
		六甲道	長田	魚崎	三宮	兵庫	春日野道	芦屋	六甲北	六甲中央	六甲南	東灘
面積 (千m ²)		524	742	880	878	794	708	687	631	1,156	1,915	3,092
家屋総数(軒) [a]		2,397	3,151	3,236	2,244	3,424	4,583	2,689	2,361	5,324	6,054	9,796
全壊・焼損家屋数(軒) [b]		1,157	1,972	1,221	453	1,511	626	813	142	1,699	2,307	4,224
全壊・焼損軒数比率 [b/a]		0.483	0.626	0.377	0.202	0.441	0.137	0.302	0.060	0.319	0.381	0.431
震度階の比率	超震度7	65%	55%	10%	50%	20%	0%	5%	0%	10%	30%	25%
	震度7	30%	40%	75%	40%	60%	45%	35%	0%	45%	40%	35%
	震度6	5%	5%	15%	5%	20%	45%	60%	40%	30%	30%	35%
	震度5	0%	0%	0%	5%	0%	10%	0%	60%	15%	0%	5%
等価震度		7.60	7.50	6.95	7.35	7.00	6.35	6.45	5.40	6.50	7.00	6.80

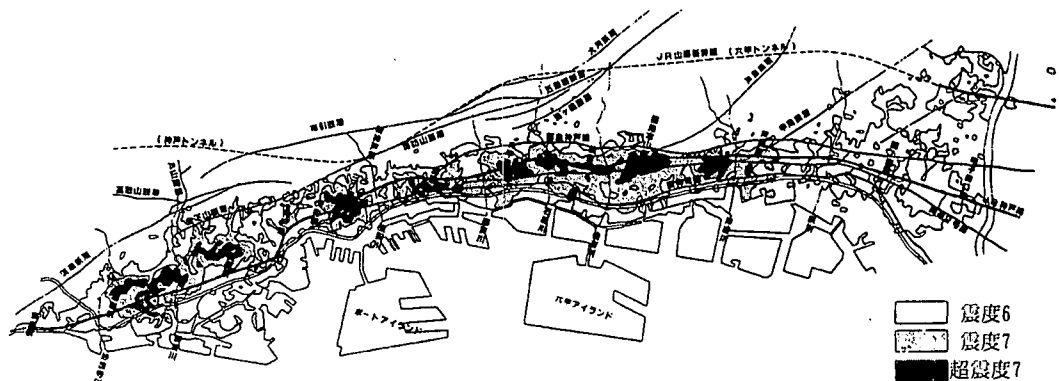


図-1 石川ら³¹⁾による地震動強さの分布

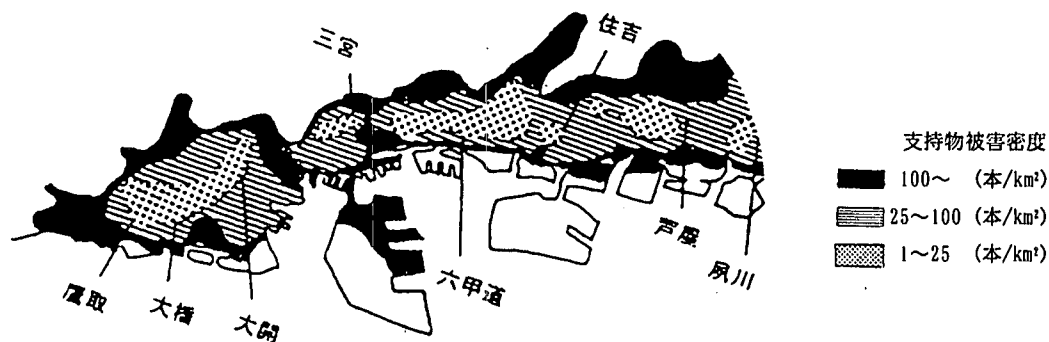


図-2 月岡ら⁴⁰⁾による電柱の被害分布

た実測結果は、家田ら¹⁾、塚口ら¹⁴⁾及び小谷ら¹⁷⁾の研究における11地区である(表-1参照)。

(2) 神戸市域における地震動強さの分布状況

一般に、ある地震による地震動強さ分布を用いる場合、強震観測記録から推定する方法が望ましい。しかし、神戸市域の中で特に地震動が強かったいわゆる「震災の帯」において、地盤上に設置されていた強震計はJR鷹取駅のただ一つ³³⁾であった。また、気象庁発表によるところの震度7地域における構造

物の強震記録も長田駅前高層住宅のものだけ³³⁾であった。さらに、気象庁による震度7の地域も、建築被害を中心とした現地調査の結果であった³⁴⁾。したがって、観測された強震記録のみから「震災の帯」の詳細な地震動強さの分布状況を推定することは困難であると考えられる。

石川らは、旧気象庁震度階の考え方にに基づき木造建築物の倒壊率が30%以上の区域を震度7、その中で特に木造建築物の倒壊率が50%以上でかつRC建築物の倒壊も目立つ区域を超震度7とし、これらの

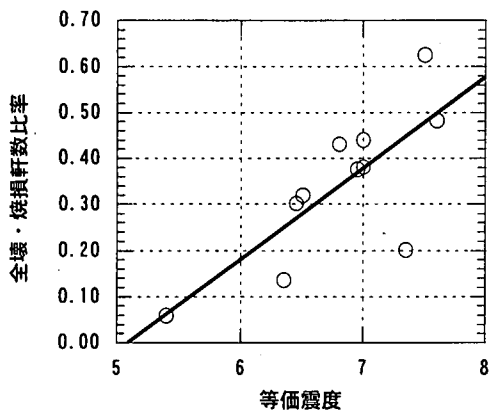


図-3 等価震度と全壊・焼損軒数比率

地震動強さを神戸市域に落としている³¹⁾(図-1)。これは、強震観測記録では不明確であった神戸市域の地震動強さを明らかにしているものであると言える。その結果、震度7あるいは超震度7が「斑模様」となっていることが明らかになっている。なお、兵庫県南部地震による震度分布を調査した研究^{35)~39)}は他にも見られるが、震度7の地域の中でさらに地震動の強かった範囲を(超震度7として)取り出した研究は他に見あたらなかった。

また、月岡らは、電柱の折損、倒壊、傾斜の状況を把握し、その被害密度を示している⁴⁰⁾(図-2)。図-1と図-2を比較すると、ちょうど震度7が支持物被害密度25~100本/km²、超震度7が同密度100本/km²以上に対応していることが分かる。つまり、木造建築物の被害に基づく地震動強さは電信柱等ポール類の損壊も説明できると考えられるということである。

では、この地震動強さが街路閉塞発生の説明変数として適切であることを、既往の研究での実測地域において検証する。まず、この実測地域で石川らの地震動強さ³¹⁾を読み取り、地域内の面積比率で示したのが表-1の震度階の比率である。さらに、この面積比率から石川らの定義³¹⁾によるところの超震度7を便宜上震度8とし、震度5~8の面積比率による重み付けから算定した震度が表-1の等価震度になる。この等価震度を、建築研究所の被害報告⁴¹⁾から算定した全壊・焼損軒数比率と比較した(図-3)。

全壊・焼損軒数比率は建築物の損壊とポール類の損壊が概ね一致することから建築物の損壊、建築物の火災及びポール類の損壊の3つの街路閉塞発生要因を説明できる数値である。この点を踏まえたとで図-3を見ると、ある程度幅があるものの右上がりの直線形状を示しており、等価震度は倒壊・焼損軒数比率を説明できるものと判断される。なお、図中の

回帰直線の相関係数は0.763であった。

(3) 街路幅員

街路幅員と街路閉塞の発生状況との関係については、すでに既往の研究^{1), 9), 12), 14), 20)}において言及されている。さらに、家田らは、その結果から幅員が8m以下の街路については、車両通行との観点からの震災時の信頼性は低いことを明らかにしている¹⁾。本研究においても、街路幅員を街路閉塞状況の説明変数と捉え、モデルの構築を行う。

4. 街路閉塞発生モデル

(1) モデルの概要

街路閉塞発生モデルは、街路閉塞予測シミュレーションの核となる部分である。本章では、街路閉塞状況の2つの説明変数である街路幅員と地震動強さが与えられた場合の街路閉塞状況を再現する街路閉塞発生モデルについて述べる。

(2) 発生モデルの設定

発生モデルは、各街路の車両通行可能率を導くものである。ここで、車両通行可能率は、車両が一部でも通行可能である確率と定義する。すなわち、片側のみ通行可能な場合も通行可能として判断される。既往の研究^{1), 14), 17)}における街路閉塞の実測状況の判別としては、両側車両通行可、片側車両通行可、自転車あるいは歩行通行可、通行不可との4つに分類されており、最終的にはこれらを予測できるモデルになることが望ましいとは考えられる。しかし、本研究の目的が(特に2.で示した目標③)のリアルタイム地震防災への適用を考えると簡易なモデルで大略的な被災状況を把握することにあるため、その目的からすると車両通行の可否程度の判別で十分であること、モデルの予測結果の設定を詳細なものにすればするほど精度が低下すると考えられることから、二段階の判別に留めた。ただし、予測結果については、通行可と通行不可の二種類ではなく、通行可の確率を数値で示すこととした。

図-4~図-10は、街路幅員を既往の研究^{1), 14), 17)}に従い7段階(0~4m, 4~6m, 6~8m, 8~10m, 10~12m, 12~18m, 18m~)に分け、表-1に示した11地域における実測値を等価震度によりプロットしたものである(プロットされた点は、既往の研究での車両通行可能リンク数÷全リンク数で確率に変換したもの;リンクとは交差点から交差点までを指す)。さらに、図-4~図-10においては、家田ら¹⁾

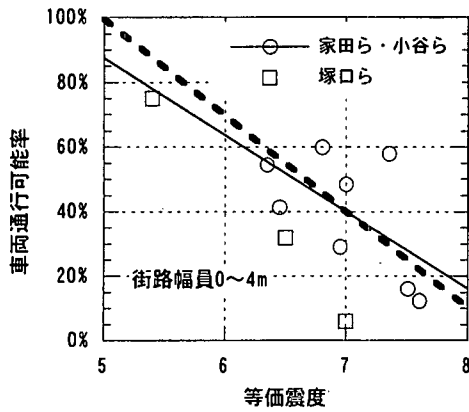


図-4 発生モデルと実測値 (幅員 0~4m)

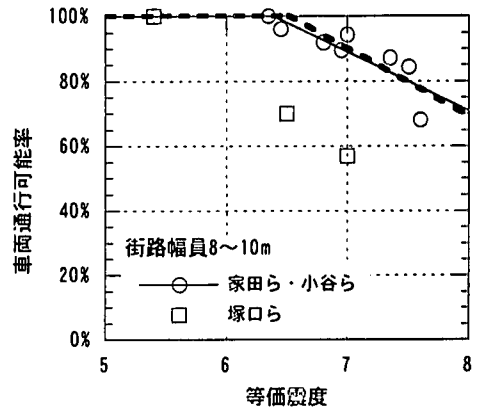


図-7 発生モデルと実測値 (幅員 8~10m)

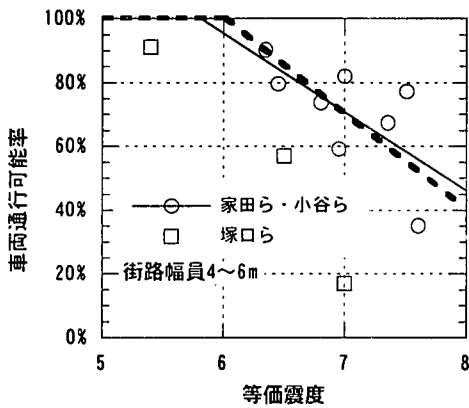


図-5 発生モデルと実測値 (幅員 4~6m)

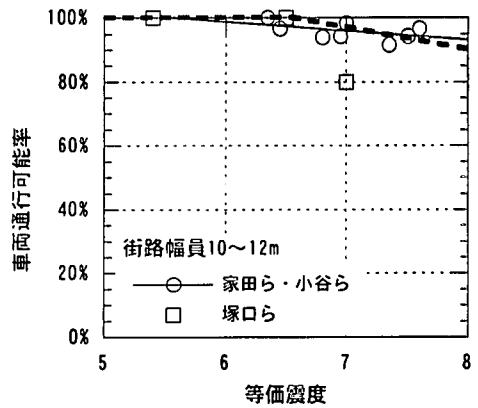


図-8 発生モデルと実測値 (幅員 10~12m)

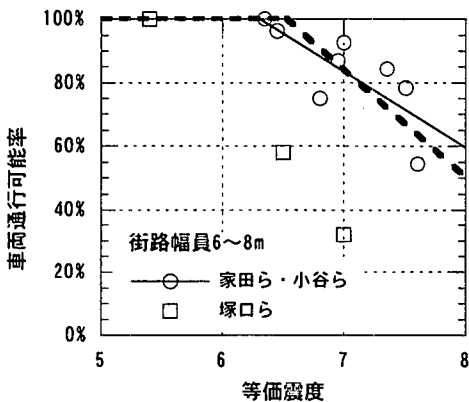


図-6 発生モデルと実測値 (幅員 6~8m)

及び小谷ら¹⁷⁾の実測結果に対し、回帰直線を加えた。これは、図-3において全壊・焼損軒数比率が等価震度により概ね直線回帰されているため、街路閉塞現象の発生も同程度の幅員に対しては、等価震度に対し直線関係が見出されると考えられるためである。

ここで、塚口らの実測結果¹⁴⁾については、幅員

0~10mにおいて家田ら¹⁾及び小谷ら¹⁷⁾の実測結果と差が見られる。この原因は次の二つの可能性が考えられる。

- ① 塚口らの実測範囲¹⁴⁾において、石川らによる震度判定³¹⁾と、実際の建築物被害に差があった。
- ② 塚口らの実測の判定基準¹⁴⁾が、家田ら¹⁾及び小谷ら¹⁷⁾の判定基準と異なっていた。

これらの考えられる原因のうち、①については、特に家田ら¹⁾及び小谷ら¹⁷⁾の判読結果と乖離のあるJR以南地区の、国道43号以南の広い範囲において、石川らの判定震度³¹⁾がほぼ震度6であるのに対し、街路閉塞現象が多く生じている。文献³⁹⁾によれば、この範囲は震度6強と読みとれるため、震度7に近い地震動であったと推測される。この震度判定のずれが実測結果とモデルの推定値との差を生じさせた原因の一つであると考えられる。また、②については、家田らの判定地区と塚口らの判定地区が重なっているため、両者の相对比较を行った。その結果、両者で判定結果が示されている315リンク中、13%

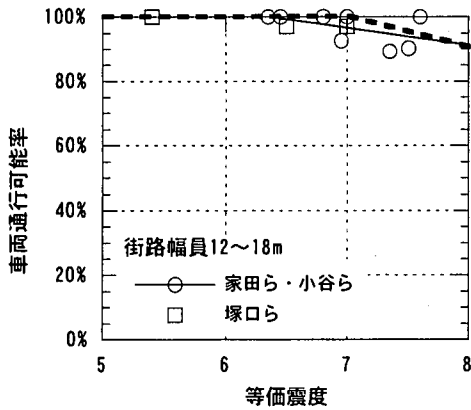


図-9 発生モデルと実測値 (幅員 12~18m)

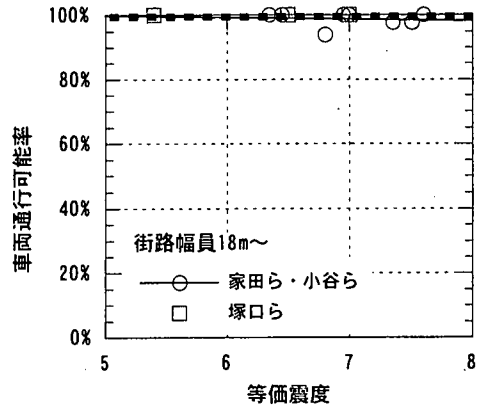


図-10 発生モデルと実測値 (幅員 18m~)

に当たる 41 リンクにおいて家田らが車両通行可能の判定に対し、塚口らは車両通行不可の判定を行っていた。一方、塚口らが車両通行可と判定しているリンクにおいて、家田らが車両通行不可としているリンクは、12 リンク (3.8%) であった。この結果からは、写真によって判読事例が示されている塚口らの実測の判定基準¹⁴⁾は、残存幅員を判定基準としている家田ら¹⁾及び概念図で判定基準を示している小谷ら¹⁷⁾より、多少危険側に結果が出る判定基準であると判断される。以上の二つの原因により、家田ら¹⁾及び小谷ら¹⁷⁾のものと差が生じたものと考えられたため、塚口らの判定結果¹⁴⁾は、モデルの構築よりはらずすこととする。ただし、モデルの精度の検討においては、他の判定結果と共に使用する。

なお、本研究のモデルの判定基準は、家田らの残存幅員 3.0m 以上を車両通行可能と判定する考え方¹⁾に、結果として準拠するものである。

本研究においては、家田ら¹⁾及び小谷ら¹⁷⁾の実測結果における回帰直線を参考に、直線を引くことによって街路閉塞発生モデルを構築する。この際、回帰直線をそのままモデルに適用する方法も考えられるが、それでは実測結果をうまくモデル化できない点があるため、回帰直線を参考に、以下の判断基準で発生モデルの直線を構築する。

- ・等価震度 5 においては通行可能率 100%とする。これは、等価震度 5 において全壊・焼損軒数比率が 0 であるため、街路閉塞現象が発生しないと考えられるからである。
- ・モデル直線の傾斜直線部分の傾きは、回帰直線より少し大きくし、モデル直線と回帰直線とが交点を持つようにする。これは、実測結果が 100%になる点がある場合に、その影響で回帰直線の傾きが緩やかになってしまう (つまり、実測結果は 100%を超えることがないが、直線

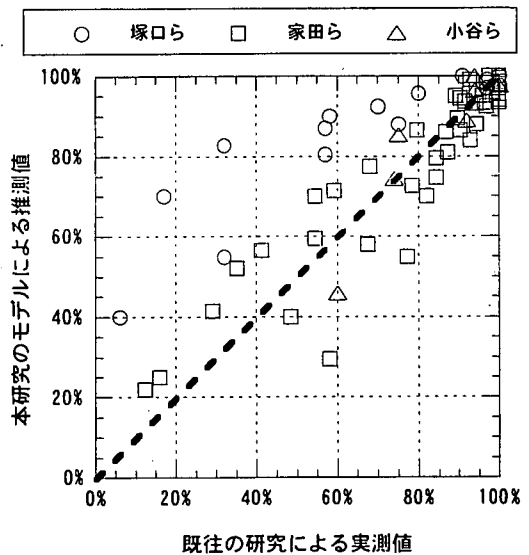
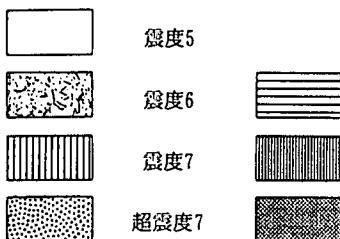
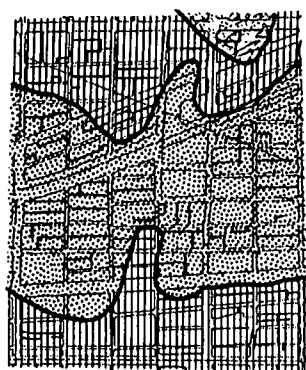


図-11 本研究の発生モデルによる車両通行可能率の推測値と既往の研究^{14), 17)}での車両通行可能率の実測値の比較

- 回帰ではこれを表現できない) ため、この補正のため傾きを少し大きくするものである。そのため、通行可能率 100%との交点を等価震度の高くなる方へ動かし、さらに等価震度 8 との交点を車両通行可能率が小さくなる方へ動かし、
- ・モデル直線の通行可能率 100%における折れ曲がり点は、等価震度 0.5 単位とする。これは、現在の気象庁震度階が、震度 5 以上においては計測震度 0.5 単位で震度を設定していることを参考にするものである。
- ・モデル直線の等価震度 8 との交点は車両通行可能率 10%単位になるようにする。これは、モデルの精度を鑑みて便宜上設定したものである。

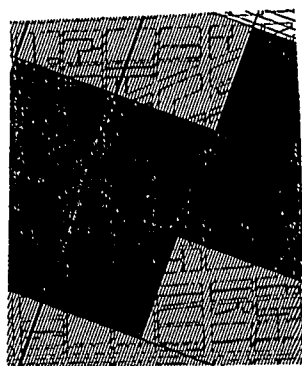
石川らの実測状況

六甲道

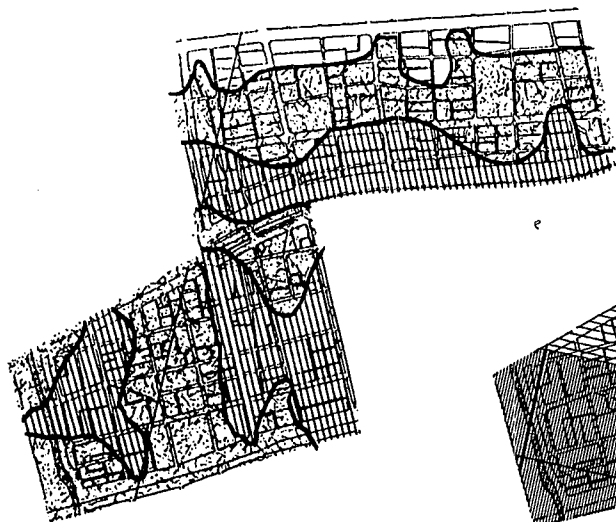


メッシュへの当てはめ

六甲道



春日野道



春日野道

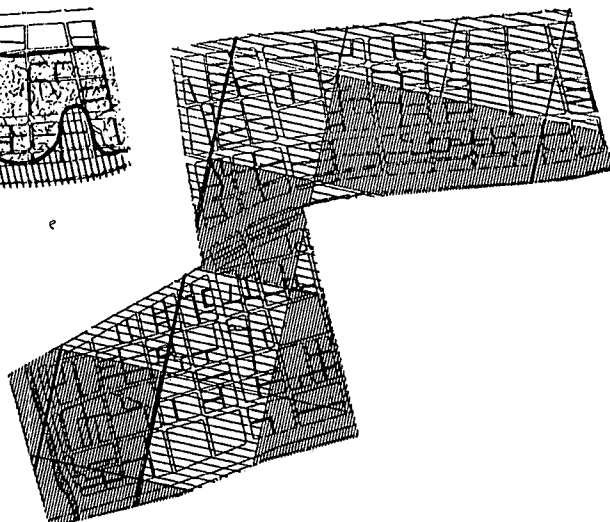


図-12 石川ら¹⁰⁾による地震動強さの分布とメッシュへのあてはめ

なぜなら、各実測区域をその街路幅員によって7段階に区切っているため、リンク数の少ない区域・幅員においてはデータ数が10程度の場合もあると考えられるからである。

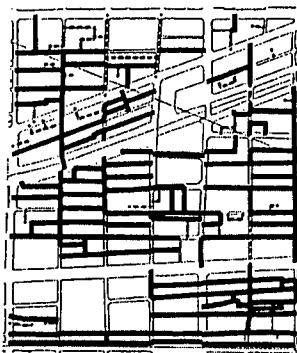
以上の考え方による発生モデルが図-4～図-10における点線である。本モデルは非常に簡略なものであるが、これらの図によれば、ある程度実測された閉塞状況を再現しているものと考えられる。この発生モデルより、震度階と街路幅員から車両通行可能率が求まることになる。

(3) 発生モデルの検証

本モデルの精度を検証するために、まず既往の研究^{11),14),17)}における実測区域全体で検証を行う。図-11は、本研究のモデルによる車両通行可能率の推測値と既往の研究^{11),14),17)}における車両通行可能率の実測値とを比較したものである。これは、実際には実測区域内において地震動強さが「斑模様」に分布しており、その斑模様と街路構成がどのような関係にあるかによって推測値は変化するはずのところを、区域内の地震動強さを一律に等価震度で設定して検証したものである。図-11によれば、本研究のモデルは実測値をよく表現できていると

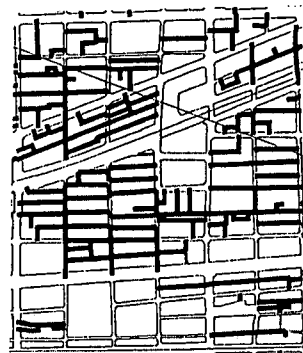
家田らの実測状況

六甲道



推測結果

六甲道

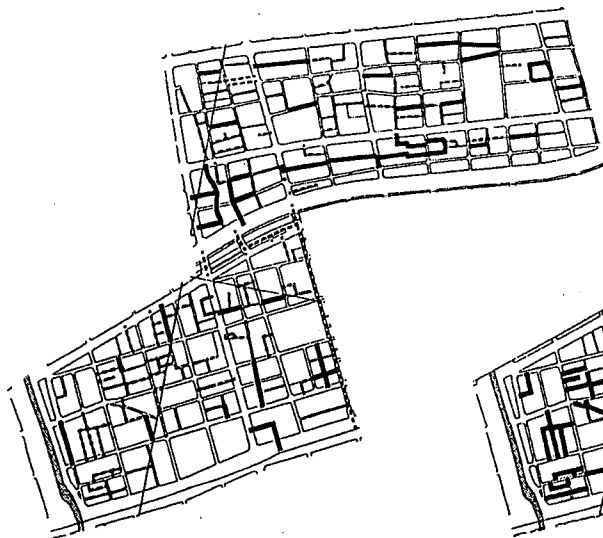


車両通行可能

—— 車両通行不可

- - - - 判定なし

春日野道



春日野道

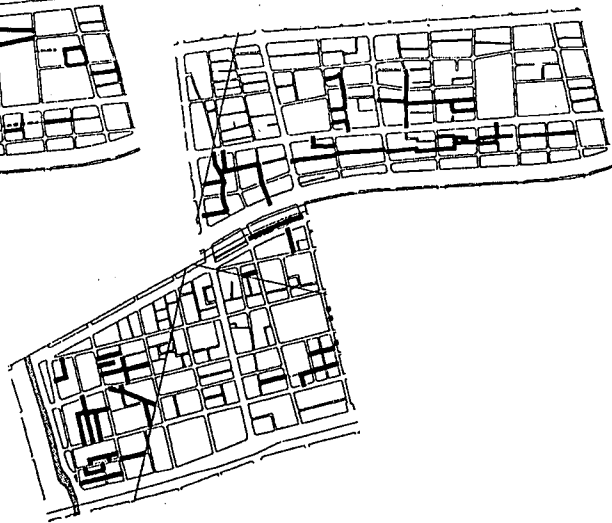


図-13 家田らの実測結果¹⁾と本モデルでの推測結果の対比

言える。塚口らの実測結果¹⁾に対して、本研究のモデルによる推測値が実測値より大きく安全側に評価している傾向があるが、この理由は、前述の通り震度判定のずれと判断基準の相違にあると考えられる。なお、実測値と推定値の相関係数は0.850、塚口らの実測結果¹⁾を除いた場合、相関係数は0.925になる。

次に、「斑模様」を出来る限り表現するためにメッシュでの検証を行う。家田ら¹⁾の実測区域のうち、一番超震度7の範囲が広がった六甲道と一番地震動強さが弱かった、つまり等価震度が最低値を示した春日野道を用いることとする。まず、両地域の地震動強さの分布を、一辺の長さが250mの正方形

のメッシュに震度5~7あるいは超震度7を割り当てた。この割り当てと石川らによる地震動強さの分布²⁾を比較したのが図-12である。

両地域において、家田らの判定¹⁾のうち、二車両通行可能及び一車両通行可能を“車両通行可能”，自転車通行可能及び車両通行不可を“車両通行不可”，計測不能と論文中で判断が示されていない街路を“判定なし”として分類し、本研究のモデルによる推測結果と比較したのが図-13である。本研究での推測結果は、車両通行可能率が50%より大きい場合“車両通行可能”，車両通行可能率が50%以下の場合“車両通行不可”とした。図-13によれば、六甲道については、南端（下方）1/4の区域におい

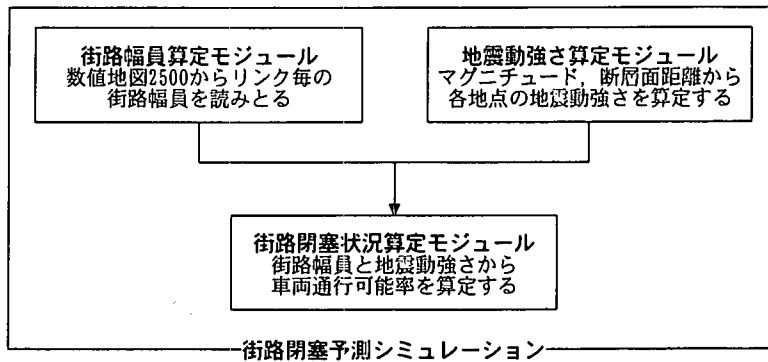


図-14 街路閉塞予測シミュレーションフロー

表-2 六甲道及び春日野道での家田らの実測結果¹⁾と本研究のモデルによる推測結果のクロス集計

地区：六甲道		本研究のモデルによる推測結果での判定	
		車両通行可能	車両通行不可
家田らによる実測状況の判定	車両通行可能	160	31
		41.5%	8.0%
	車両通行不可	72	123
		18.7%	31.9%
判定なし	16	46	

地区：春日野道		本研究のモデルによる推測結果での判定	
		車両通行可能	車両通行不可
家田らによる実測状況の判定	車両通行可能	456	34
		82.9%	6.2%
	車両通行不可	40	20
		7.3%	3.6%
判定なし	60	31	

注) 上段はリンク数、下段は家田らにより判定されたリンク全体に対する割合

て本モデルで推定された状況よりも実際の街路は閉塞していたようであるが、それ以外の地域については概ね推測状況は実測状況を良く表現できている。これは、図-12によれば下方1/4の地域は震度7となっているためと考えられるが、街路閉塞の状況からすると超震度7に近かったものと考えられる。また、春日野道については、全体として閉塞している街路の数は推測値と実測値は一致している。しかし、推測値が震度7を割り当てたメッシュの部分のみに存在しているのに対し、実測結果ではもう少し広い範囲に分散している。この原因は、地震動強さがうまくメッシュに割り振れなかったと共に、個別の構造物等の詳細な要因も絡んでいるものと考えられる。

これらの検証を定量的に把握したのが表-2である。表-2によれば、六甲道での車両通行可否の的中率は、73.4%（車両通行可能41.5%＋車両通行不可能31.9%）、春日野道の的中率は86.5%（82.9%＋3.6%）であった。これは、塚口らにより構築された震度、木造建物延長率、街路幅員、街路樹の有無及び歩道の有無の5つの説明要因での精緻な予測モデル¹⁴⁾による的中率（=78.8%）と同等の精度である。また、春日野道では“車両通行可能”がほとんどである状態が表現できているため、非常に精度が高くなっているが、一方、車両通行不可の的中率3.6%が車両通行不可の非的中率7.6%の半分程度であることについては、本モデルが概略的であり、説明変数を出来る限り少なくしたため、前述したように、詳細な説明要因を考慮できていないためと考えられる。

以上、街路閉塞発生モデルが簡易的であるにもかかわらず、十分な精度を保持していることが確認された。この街路閉塞発生モデルを用いて、街路閉塞予測シミュレーションを構築する。

5. 街路閉塞予測シミュレーション

(1) シミュレーションの概要

任意の地域において、今後発生し得る地震による街路閉塞状況を予測するためには、街路構成が地域によってそれぞれ異なっていること及び地震危険度が地域により様々であることを考慮しなければならないと考えられる。つまり、兵庫県南部地震による神戸市での街路閉塞状況を、他の都市の異なった地震に対しそのまま適用することは、街路構成や地震規模による相違を無視することになるものである。そこで、このシミュレーションにおいては、任意の地域における任意の地震に対する街路閉塞状況を予測すること、すなわち、どの断層でどのクラスの地

表-3 想定地震の概要

地震名	発生日	M	h
関東大地震	1923年9月1日	7.9	40
正嘉元年地震	1257年10月9日	7.5	0

注) 断層深さhの単位はkm

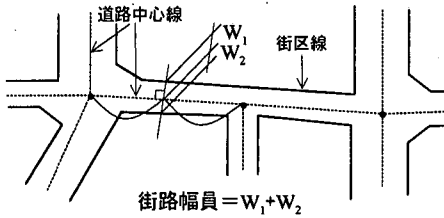


図-15 街路幅員算定方法の模式図

震が当該都市を襲った場合、どの区域ではどの程度の街路閉塞が発生するのかを把握することを目的とした。

図-14 は、本シミュレーションのフローである。本シミュレーションは3つのモジュールから構成されている。以下に各々のモジュールの内容を示す。

(2) 街路幅員算定モジュール

街路幅員をリンク毎に算定するモジュールである。現在までのところ、街路幅員をリンク毎に整理した地図・データベース等は見あたらない。そこで著者らは、精密な街区データが手に入る数値地図 2500 (CD-ROM 版；国土地理院刊行) を用い、街路幅員を算定するプログラムを開発した。その模式図が図-15 である。まず、道路中心線に沿ってリンクの midpoint を認識する。次に、リンクの midpoint から道路中心線に直角に街区線に突き当たるまで架空の線を引き、その線長を測定する。この際、道路中心線は多くの場合街区線と街区線の中央を通ってはいないため、両方の幅を取りこれを加えることとする。これによって、リンクの街路幅員が求まり、この幅員値をリンクに属性として持たせる、つまり、リンクを指定すれば街路幅員が示されるようになるわけである。

(3) 地震動強さ算定モジュール

各メッシュの地震動強さを想定地震に対し求めるモジュールである。想定地震の設定については、文献 42) における歴史地震の地震カタログデータを用いた。また断層面距離も、同文献によるプログラムを用いた。

マグニチュード及び断層面データから地震動強さを求める距離減衰式には、SHABESTARI・山崎の以下の式⁴³⁾を用いた。

$$I = -0.087 + 1.053M - 0.00256r - 1.89 \log(r) + 0.00496h + c_i \quad (1)$$

ここに、I：気象庁震度階

M：マグニチュード

r：断層面距離

h：震源深さ

c_i ：地域特性及び地盤種別に対する係数

$$= \begin{cases} -0.255 & (\text{I種地盤}) \\ +0.144 & (\text{II種地盤}) \\ +0.412 & (\text{III種地盤}) \end{cases}$$

なお、 c_i の区分は、文献 44) による地盤種別に対する平均値である (SHABESTARI・山崎の論文⁴³⁾ 中では旧地盤種別 (1~4種) に対して係数が設定されていたため、2種地盤と3種地盤の平均値をII種地盤の係数とした)。以上の設定により、地震を指定すれば各メッシュでの地震強さが決定される。

(4) 街路閉塞状況算定モジュール

与えられた街路幅員と地震動強さから街路閉塞状況、具体的には車両通行可能率を算定するモジュールである。算定に用いるモデルについては、4. で述べたとおりである。

(5) 横浜市への適用例

これまで述べてきた街路閉塞予測シミュレーションを横浜市中心部に適用した。対象とした地震は、兵庫県南部地震発生前まで耐震設計上最大の考慮地震であった関東大地震と歴史地震カタログのうち横浜市中心部の直下型地震で最大の正嘉元年に発生した地震の二つである。両地震の概略は表-3 の通りである。なお、横浜市における地盤種別は、地質調査書刊行の5万分の1地質図幅より、文献 45) を参考に洪積層の岩盤である上総層群をI種地盤、相模層群、新規段丘堆積物及び新規ローム層をII種地盤、埋立土及び沖積層をIII種地盤とした。

関東大地震に対する横浜市中心部での地震動強さは、II種地盤で震度6~7、III種地盤で震度7となった。これは、武村ら⁴⁶⁾ の実被害による調査から導かれた震度7の地域に横浜市中心部がほぼ全域含まれているのに比較し地震動強さが小さく評価されている。この理由は、地震動強さの距離減衰式である式(1)がここ数年の地震データに基づいているのに対し、関東大地震による被害は耐震設計の概念がほとんどなかった時代の建物に対するものであるとの相違があるためと考えられる。したがって、同じ木造建築物の被害率30%であっても、木造建築物の耐震性の上昇により、地震動強さは異なっている。一方、正

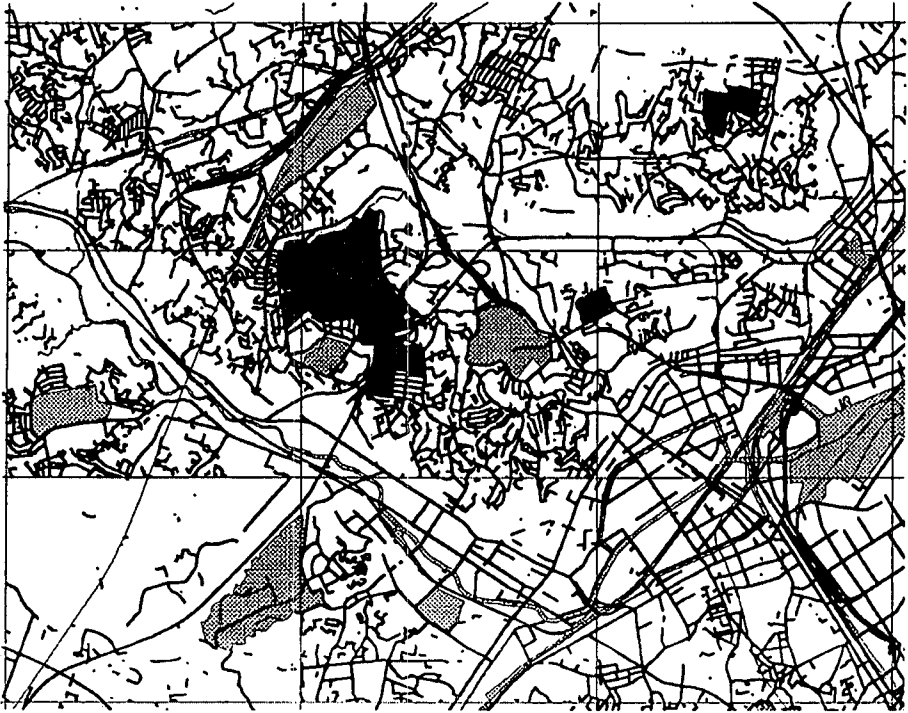


図-16 関東大地震による車両通行可能状況の予測

————— 車両通行可能と予測されるリンク

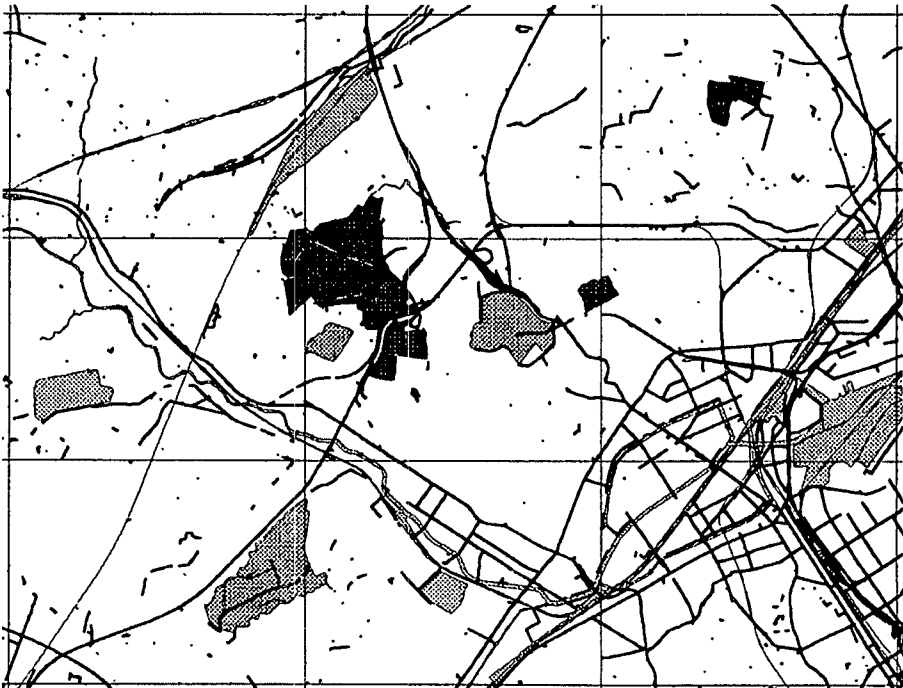


図-17 正嘉元年地震による車両通行可能状況の予測

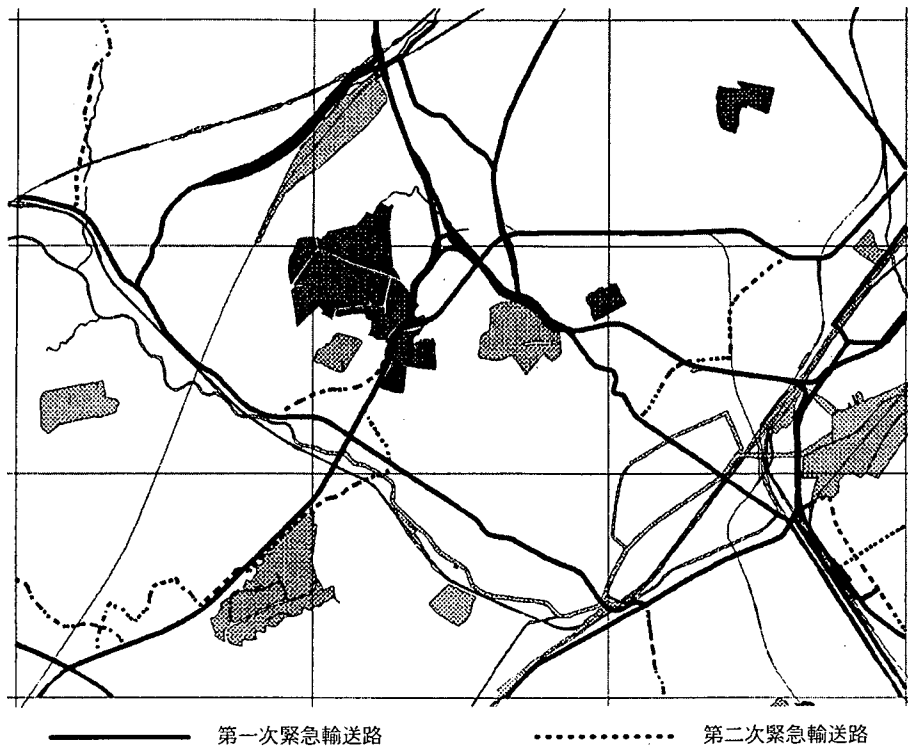


図-18 横浜市防災計画⁴⁾における緊急輸送路

嘉元年の地震による地震動強さはほぼ全域で超震度7であったが、距離減衰により一部のⅡ種地盤で震度7と算定された。なお、横浜市中心部として設定した三ツ沢公園を中心とした南北4.5km、東西6kmの範囲内にはⅠ種地盤は存在しなかった。

図-16、図-17は、関東大地震及び正嘉元年地震による横浜市中心部の車両通行可能状況である。実線で示したリンクが、車両通行可能率90%以上の部分であり、震災時にもほぼ確実に車両通行が見込まれるものである。図-16によれば、範囲内の南西端（図の左下部分）においてⅡ種地盤では震度6、Ⅲ種地盤においては震度7となっているため、河川に沿ったⅢ種地盤地域で車両通行可能リンクが少なくなっている一方、河川から少し離れたⅡ種地盤丘陵では車両通行可能リンクが密集した状態になっている。比べて、図-17の正嘉元年地震に対する被害予測状況においては、関東大地震に対する予測結果と比較して、車両通行可能リンクが大きく減少しており、非常に大きな道路のみが通行可能リンクとなっている。

これらの予測結果を、横浜市防災計画（震災対策編）⁴⁾による緊急輸送路と比較する。図-18は、横浜市防災計画において、災害応急対策の実施に必要な物資、資機材、要員等を輸送する緊急車両が通行する道路として指定されている第1次及び第2次緊急輸送路である。これらの緊急輸送路はそれぞれ以下のように位置付けられている。

な物資、資機材、要員等を輸送する緊急車両が通行する道路として指定されている第1次及び第2次緊急輸送路である。これらの緊急輸送路はそれぞれ以下のように位置付けられている。

- ・ 第1次緊急輸送路：高速道路や幹線道路等の広域ネットワークを構成する重要路線で、輸送の骨格をなす道路
- ・ 第2次緊急輸送路：第1次緊急輸送路を補完し、相互に連絡する路線であり、第1次緊急輸送路の代替性や多重性を確保する道路

この第1次及び第2次緊急輸送路の指定（図-18）と、関東大地震による被害予測状況（図-16）を比較すると、関東大地震に対しては第1次緊急輸送路が車両通行可能であると判断されるが、第2次緊急輸送路は分断されている箇所がかなり見られる。一方、正嘉元年地震に対する被害予測状況（図-17）においては、第2次緊急輸送路だけでなく、骨格路線である第1次緊急輸送路においても分断されている部分が見られる。このような場合、第2次緊急輸送路に加えて、さらに代替経路を指定しなければならないことも想定されるが、その際、その代替経路についても、耐震信頼性の度合いを確認が必要だけでなく、その経路が主要幹線道路等道路網階層

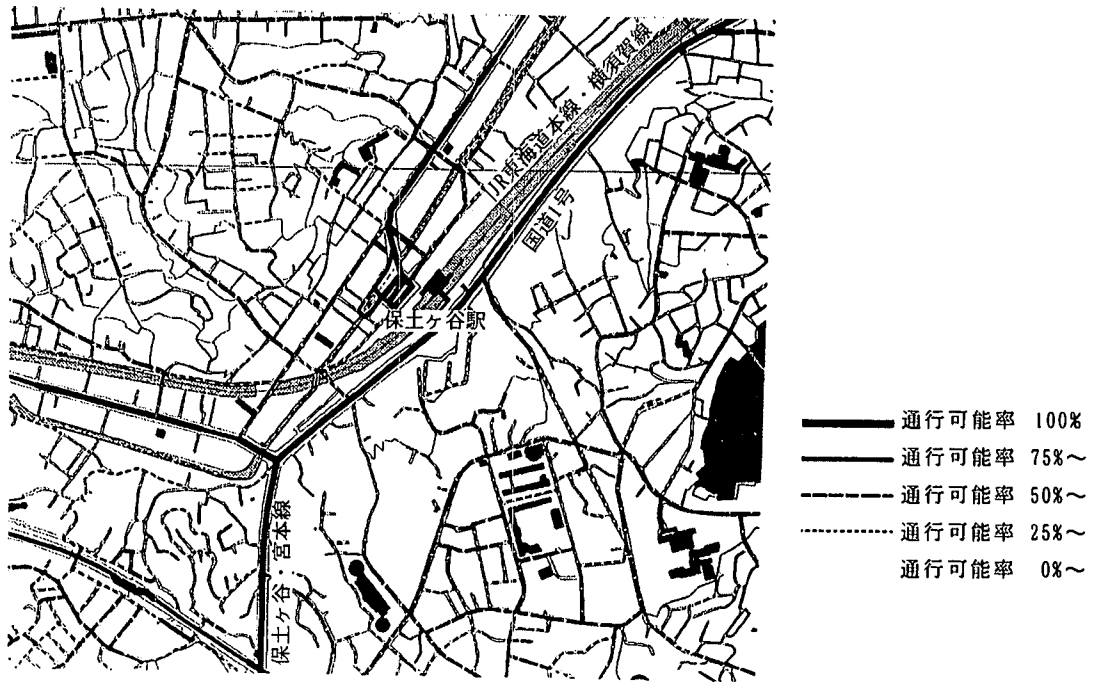


図-19 正嘉元年地震による横浜市保土ヶ谷駅周辺の被害

構造において近いレベルの道路であることに留意する必要があるだろう。

図-16 及び図-17 は、道路網階層構造の上位に位置する道路について、非常に大きな視点で捉えるため、車両通行可能率 90%以上の配置状況を表示させた。このような形で、大規模地震時の主要幹線道路の信頼性を捉えることができる。緊急物資の輸送計画、緊急時の交通規制計画等に対し非常に有効なものと考えられる。

また、本シミュレーションは道路網階層構造の低位に位置する区画道路等まで予測できるものであり、細かい街路の視点での予測にも対応している。図-19 は、正嘉元年地震における、横浜市中心部の一部（JR 横須賀線保土ヶ谷駅周辺）を取り出し、その車両通行可能率の予測状況を示したものである。JR 横須賀線・東海道本線に平行に走っている国道一号線や主要地方道保土ヶ谷・宮本線あるいは駅前広場からの通り等が車両通行可能率 75%以上を示しているが、これらの道路から一步入った住宅地等においては車両通行可能率が 50%以下がほとんどとなっている。したがって、正嘉元年地震ほどの大規模な地震を受けた場合、救急・援助・消火活動が街路閉塞により大きな影響を受ける可能性があると言える。

このように、本シミュレーションにより様々な地震による任意の地域での街路閉塞状況を予測するこ

とができる。これは、様々な面を持つ地震被害予測の一つを占めるものである。道路にかかる地震被害としては、橋梁、盛り土、トンネル等の予測も必要である。また、実際に道路が使用出来るかどうかについては、物理的に地震に耐えるかどうかの他に、残った道路の通行量を把握し、規制していくことが必要である。さらに、本研究は、総合的な地震被害予測の一分野とみることもでき、都市としての地震被害を総合的に把握する上で必要不可欠なシミュレーションである。都市全体としての地震被害を把握するためには、この他に鉄道、空港、港湾等交通施設被害予測、ライフライン被害予測といったシミュレーションを同じ次元により実施し、総合的な被害の把握を行っていく必要がある。

6. 結論

本研究は、今後発生し得る大規模地震による街路閉塞の被害を予測することを目的としたものである。本研究において得られた結論は以下のとおりである。

①街路閉塞の状況を地震動強さと街路幅員を説明変数とした本研究の街路閉塞発生モデルにより推測し、既往の研究による兵庫県南部地震における実測結果と概ね一致した。

②街路閉塞発生モデルを持つ街路閉塞状況算定モジュールに街路幅員算定モジュールと地震動強さ算定モジュールを組み合わせることにより、今後発生し得る地震による街路閉塞の状況を予測することが出来るようになった。このシミュレーションにより、横浜市中心部を対象地域とし、関東大地震と正嘉元年地震による被害予測を行った。

今後、本研究の成果を他の地震被害予測や被災時の緊急対応、人流、物流状態の予測等と統合し、これをGIS上で総合的に把握することにより、都市全域の地震被害を検討していく必要があると考えられる。それにより、本研究により構築されたシミュレーションが、地域防災計画への適用、防災を考慮した街づくり、リアルタイム地震防災への適用といった地震被害予測システムの実用段階へ向かうものである。

参考文献

- 1) 家田仁, 上西周子, 猪股隆行, 鈴木忠徳, : 阪神大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響, 土木学会論文集, No.576/IV-37, pp.69-82, 1997.
- 2) (社)土木学会 阪神淡路大震災調査報告編集委員会: 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, 第2章 道路及び道路交通, pp.95-198, 1998.
- 3) (社)土木学会関西支部: 阪神淡路調査研究委員会報告書 大震災に学ぶ, 第Ⅱ巻, 第8編インフラ施設の被害と復旧への歩み, 1998.
- 4) 長岡誠, 登亨一, 松波聖文, 高橋龍一, 中村武男: 市区町村向: 防災情報システム, 日本無線技報, No.36, pp.13-19, 1997.
- 5) 五代均, 下村敏雄, 渡邊眞二, 面上秀之, 福田知弘, 武田匡男, 中村仁, 島谷剛史, 竹下友伸, 春木利昭: 地震情報システム, 日本無線技報, No.36, pp.20-24, 1997.
- 6) 山崎文雄: リアルタイム地震防災システムの現状と展望, 土木学会論文集, No.577/I-41, pp.1-16, 1997.
- 7) 高橋宏直, 中本隆, 吉村藤謙: 兵庫県南部地震時の震災直後における海上輸送モードの対応状況に関する分析, 港湾技術研究所資料, No.861, 1997.
- 8) 高橋宏直, 中本隆, 赤倉康寛, 吉村藤謙: 兵庫県南部地震直後における各輸送モードの対応状況に関する分析, 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, 1998.
- 9) 家田仁, 望月拓郎, 上西周子: 街路閉塞現象による機能的障害と地区の危険度評価法, 阪神・淡路大震災土木計画学調査研究論文集, pp.433-440, 1997.
- 10) 望月拓郎, 家田仁, 上西周子: 地震に伴う街路閉塞現象の発生予測方法とその危険度評価への応用可能性, 第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.427-430, 1997.
- 11) 家田仁, 望月琢郎, 上西周子: 地震時に建築物の倒壊等によって生じる街路閉塞の危険度評価法, IATSS Review, Vol.23, No.3, pp.138-145, 1998.
- 12) 家田仁, 宇和田和, 望月琢郎, 小川逸作: 街路閉塞の予測及び危険度評価手法の東京市街地への適用, 第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.501-504, 1998.
- 13) 宇和田和, 家田仁, 加藤浩徳: 街路の機能的障害の視点からみた地区の防災危険度指標, 第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.497-500, 1998.
- 14) 塚口博司, 戸谷哲男, 中辻清恵: 阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究, 阪神・淡路大震災土木計画学調査研究論文, pp.377-388, 1997.
- 15) 李燕, 塚口博司: 到達可能ノード率による街路網防災性評価について, 阪神・淡路大震災土木計画学調査研究論文集, pp.407-414, 1997.
- 16) 塚口博司, 李燕, 吉野崇, 田中正浩: 防災性を考慮した街路網構成に関する研究, 阪神・淡路大震災土木計画学調査研究論文集, pp.425-432, 1997.
- 17) 小谷通泰, 前野達也, 伊藤美由紀: 震災による地区道路網の閉塞状況に関する分析, 交通工学研究発表会論文報告集, pp.101-105, 1996.
- 18) 浦中邦彰, 小谷通泰, 前野達也, 伊藤美由紀: 震災による地区道路被害の実態と地区内交通流動に及ぼす影響の分析, 阪神・淡路大震災土木計画学調査研究論文集, pp.395-400, 1997.
- 19) 黒田勝彦, 竹林幹雄, 萩野啓: 航空写真を用いた道路被災状況の把握に関する一考察, 阪神・淡路大震災土木計画学調査研究論文集, pp.389-394, 1997.
- 20) 木俣順, オマールオスマン, 林良嗣: ISM法とGISをベースとした対震災緊急交通路整備計画策定支援システムの構築, 土木情報システム論文集, Vol.9, pp.9-16, 1997.
- 21) 内田敬: 車両感知器データによる震災時道路交通量の特性把握, IATSS Review, Vol.23, No.3, pp.166-175, 1998.
- 22) 加藤浩徳, 味沢慎吾, 家田仁: 阪神・淡路大震災における地震発生後一週間の被災者・支援者の交通行動に関する調査分析, 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.499-504, 1997.
- 23) 日野泰雄, 上野精順, 和田実, 見寄権次郎: 震災時における自動車利用ニーズと交通運用の考え方, 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.505-512, 1997.
- 24) 小谷通泰, 松本誠: 阪神・淡路大震災時におけるマイ

- カー利用の実態報告, IATSS Review, Vol.23, No.3, pp.155-165, 1998.
- 25) 倉内文孝, 飯田恭敬: 阪神・淡路大震災発生後の時間経過を追った OD 交通量の変化に関する研究, IATSS Review, Vol.23, No.3, pp.146-165, 1998.
- 26) 飯田恭敬, 倉内文孝, 杉本昌彦: 処理可能最大交通量を考慮した非常時の道路交通マネジメントモデル, 第2回都市直下地震災害総合シンポジウム, pp.419-422, 1997.
- 27) (財) 国際交通安全学会編: 阪神・淡路大震災の実態調査に基づいた震災時の道路交通マネジメントの研究, 1998.
- 28) 建設省都市局都市防災対策室監修: 都市防災実務ハンドブック-地震防災編-, ぎょうせい, 1997.
- 29) 東京都: 地震に関する地域危険度測定調査結果, 1998.
- 30) 高橋宏直, 赤倉康寛, 中本隆, 吉村藤謙: 兵庫県南部地震による被害を踏まえた街路閉塞シミュレーションに関する研究, 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, 1998.
- 31) 石川浩次, 溝口昭二, 小野諭: 神戸市街地における構造物被害と地盤挙動, 第1回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.187-194, 1996.
- 32) 坊池道昭, 上村雄二, 矢野公一, 松井武史, 高井広行: 神戸市における震災火災の出火と延焼状況に関する一考察, 第1回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.767-774, 1996.
- 33) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会: 阪神・淡路大震災調査報告 共通編-2, 1998.
- 34) 気象庁監修: 震度を知る-基礎知識とその活用-, ぎょうせい, 1996.
- 35) 佐藤忠信, 塩見祐二: 震度7の帯内において最大地道を推定することは可能か, 第1回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.45-52, 1996.
- 36) 翠川三郎, 藤本一雄: 墓石の転倒調査から推定した兵庫県南部地震の際の神戸市およびその周辺での震度分布, 日本建築学会構造系論文報告集, 第490号, pp.111-118, 1996.
- 37) 藤本一雄, 翠川三郎: 被害分布から推定した兵庫県南部地震の震度分布とその解釈, 第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.97-100, 1997.
- 38) 高田至郎, 北田敬広: 震災の帯の被災特性に関する定量的分析, 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.455-458, 1998.
- 39) 山口直也, 山崎文雄: 1995年兵庫県南部地震の建築被害率による地震動分布の推定, 土木学会論文集, No.612/I-46, pp.325-336, 1999.
- 40) 月岡和紀, 金徳印, 亀田弘行, 能島楊呂: 1995年阪神大震災における供給系ライフラインの復旧過程, 第23回地震工学研究発表会講演概要, pp.631-634, 1995.
- 41) 建設省建築研究所: 平成七年兵庫県南部地震被害調査報告書, 1996.
- 42) 野津厚, 上部達生, 佐藤幸博, 篠澤巧: 距離減衰式から推定した地盤加速度と設計震度の関係, 港湾技術研究所資料, No.893, 1997.
- 43) Khosrow T. SHABESTARI, Fumio YAMAZAKI: Attenuation of JMA Intensity Based on JMA-87-type Accelerometer Records: 第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.153-156, 1997.
- 44) (社) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 (平成8年12月), 1996.
- 45) 翠川三郎: 神奈川地の地盤の特徴と地震災害, 公開市民講座地盤に関する疑問に答える Part5「地盤と災害」よこはまの地盤と防災対策, pp.23-36, 1997.
- 46) 武村雅之, 諸井孝文, 八代和彦: 明治以降の内陸浅発地震の被害から見た強震動の特徴-震度VIIの発生条件-, 地震, 第2輯, 第50巻, pp.485-505, 1998.
- 47) 横浜市防災会議: 横浜市防災計画 震災対策編, 1997.

(1998.9.8 受付)

SIMULATE OF STREET BLOCKAGES CAUSED BY GREAT EARTHQUAKE

Yasuhiro AKAKURA, Hironao TAKAHASHI and Takashi NAKAMOTO

The purpose of this paper was to simulate the condition of street blockages caused by great earthquake. In this paper, the condition was estimated by earthquake intensity and street width in the proposed model. The calculated result of proposed model was almost the same as the condition which had been surveyed at previous study caused by Hyougoken-Nambu earthquake. Furthermore, the calculated result of forecasting the condition of street blockage at center of Yokohama city by Kanto great earthquake and Syouka-Gannen earthquake was showed.