

阪神・淡路大震災における「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

家田 仁¹・上西周子²・猪股隆行³・鈴木忠徳⁴

¹正会員 工博 東京大学大学院社会基盤工学専攻教授 (〒113 東京都文京区本郷7-3-1)

²学生会員 東京大学大学院社会基盤工学専攻 (〒113 東京都文京区本郷7-3-1)

³国際航業株式会社 (〒191 東京都日野市旭が丘3-6-1)

⁴国際航業株式会社 (〒102 東京都千代田区6-2)

1995年1月の阪神大震災においては、脆弱な建築物と貧困な街路インフラに起因して、瓦礫や電柱の倒壊により、数多くの場所で街路が閉塞し、救助、消火、物資輸送などの救援活動など、あらゆる防災活動の局面で多大な影響を及ぼした。本研究では、こうした街路閉塞による街路の機能的障害に着目し、1)既往の地震における街路閉塞の発生状況と既往の防災計画のスタンスを把握するとともに、2)航空写真を用いて街路閉塞現象を数値的に捉え、3)その発生要因を考察し、さらに4)街路閉塞が緊急活動に及ぼした影響を調査して、今後の防災計画や都市計画のあり方を検討した。

Key Words : *street blockade, Hanshin-earthquake, disaster relief activities, GIS, aerial photograph*

1. はじめに

1995年1月17日の阪神・淡路大震災における道路インフラの被害としては、阪神高速神戸線の高架橋倒壊に代表されるような橋梁の被害が目についた。一方、道路そのものの被害としては、『国道・県道・市道を問わず、市内の至る所で亀裂や段差、歩道の損傷が数多く見られた』とはされるものの、『(橋梁の倒壊などといった)他の構造物損傷が原因するものを除けば、通行が不能になるほどの(道路舗装の)構造物被害は発生していない』¹⁾。ところが、約1万軒にも上る倒壊家屋の瓦礫や電柱の倒壊・傾斜によって、比較的幅員の狭い数多くの街路が閉塞されたため、『被災直後の避難、救助・救援活動などに大きな影響を及ぼし』²⁾、また幹線道路の補助ルートをも欠如させ、わが国の今後の都市計画及び防災計画検討上の大きな課題をもたらした(写真-1, 写真-2)。

本研究は、このような「街路閉塞」に伴う機能的障害に着目し、震災直後から進めてきた航空写真の分析による閉塞状況の把握、異なる地区間での閉塞特性比較と発生要因の考察、閉塞に伴う種々の緊急活動への影響状況の調査結果、などについて報告すると共に、既往の地震における同様な現象の発生状況とわが国の行政の対応姿勢などについてとりまとめたものである。

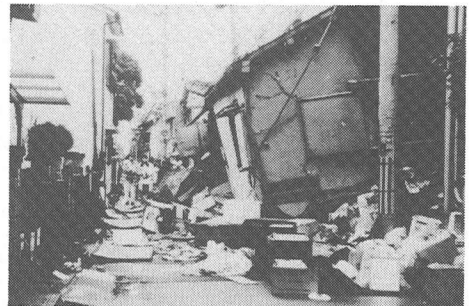


写真-1 建築物の瓦礫による街路閉塞の一例

2. 既往地震及び既往研究における街路の機能的障害と本研究の位置付け

(1) 既往の大規模地震における街路の機能的障害の実績とその捉え方

まず、関東大震災をはじめとする大規模地震では、こうした建造物の倒壊などによる「街路閉塞」や、それに伴う機能的障害がどのように発生し、またそうした実際の現象をわが国では防災上どのように捉え反映してきたのかを確認する。対象として、ここでは関東大震災(1923年)に加え、近年発生した代表的な都市型大規模地震であるメキシコ地震(1985年)、サンフランシ



写真-2 電柱の倒壊による街路閉塞の一例

スコ湾岸地震(1989年)及びノースリッジ地震(1994年)をとりあげる。

a) 関東大震災(1923年)

周知のように関東大震災では、多くの橋梁などの構造物の被害に加えて、道路自体としても、多くの箇所、亀裂や地割れ、陥没などといった構造的被害を生じた。しかし、『当市内の道路殊に主要なる大部分の道路は叙上の如く至る所に... (中略)... 電柱は倒れ電線は蜘蛛の巣の如く路上に散乱し倒壊および焼潰したる家屋は所在通路を塞ぎ乱雑狼藉至らざるなく』(横浜市)、『路上至る所、電灯、電話、電信、電車架空線が乱麻の如く路面に垂下し焼残鉄柱、煙突は算を乱して倒れ屋根瓦、煉瓦壁、家財道具の残骸などは散乱堆積し』(東京市)、などと述べられているとおり³⁾、沿道建造物の倒壊に伴う街路閉塞の発生は、今回と同様に少なからぬものがあつたと想像される。

このような街路閉塞は、例えば東京市が『当時に於ける最急務は罹災民に食料を配給するにありこれが為には自動車の運搬に待つ他なかりき。然るに市内の重要路線は交通不能の甚だしく迂回路を巡りて漸く目的地に達するを得る有様なりしに依るも交通上如何に困却せしか想像に難からざるなり』と記しているとおおり³⁾、防災活動上の障害となつた。しかし、機動性が高く重量物の運搬に向いた自動車が、避難、救助、消火、救援その他ほとんどの防災活動にわたって利用される現在と異なり、当時の自動車の普及率は相対的に低く、街路閉塞の実質的影響の程度も現在とは大きく異なつていたと考えられる。このため、火災による被害が特に著しかった関東大震災においては、都市計画上の教訓として『先づ道路の幅員を廣くし街路系統を整備し廣場、公園などの自由空地をなるべく完備すること』(横浜市)が挙げられたが、その主な目的は、道路幅員の増加によって『火災に際し家屋の延焼を軽減する』(東京市)ことにあつたものと考えられる³⁾。

b) メキシコ地震(1985年)

この地震は、震源から約350km以上離れたメキシコ

シティに大きな被害をもたらし、死者数は推定1万人に上る。当時、市街地では煉瓦を使用した建築物などが多数倒壊して、多くの人々が下敷きとなつたが、『救助活動では重機械が重要な戦力であつた』とされている。また『首都圏内の道路および橋などの構造被害はほとんど発生しなかつたが、建物の倒壊により、交通不能となつた所は、地震直後、市の中心部に相当数発生』した⁴⁾。

ところが、『東京に比べ道路や公園、広場などはるかにゆつたりとした公共スペースを持っている』メキシコシティでは、『道路の閉塞も経済活動の再建に妨げになるような交通渋滞を引き起こす要因とはなっていない』状況であり、『幹線道路網のみならず都市内道路そのものが充分な幅員をもっていることが、この際、補助的機能を果たし、渋滞回避に機能しているからにほかならない』と分析されている⁵⁾。そして、この地震から、延焼防止に重点を置いて、『防災上の観点から防災効果の高い道路についての拡幅、道路網の整備、公園の拡充など公共スペースの確保につとめ、都市にゆとりを持たせるという視点からさらに積極的に都市の骨格造りを進めるべきである』と長期的な課題が述べられている⁶⁾。

c) サンフランシスコ湾岸地震(1989年)及びノースリッジ地震(1994年)

典型的な都市直下型地震であつた、サンフランシスコ湾岸地震(ロマ・プリエタ地震)では、落橋、橋梁の損傷及び法面の崩壊などによる幹線道路12路線の閉鎖や、ベイブリッジの1ヶ月間の通行不能などによって、少なからぬ損害がもたらされた。しかし、『...道路施設の被害ではないが、沿道の建築物に被害があり、倒壊の危険性があつたため通行規制をした区間もワトソンビル市内にあつた...』という記述からもわかるように、建造物の倒壊に伴う街路の閉塞はほとんど生じていない⁵⁾。同様にロサンゼルス郊外サンフェルナンドバレーで発生したノースリッジ地震の場合も、幹線道路の構造物で大きな被害が生じたが、平面街路の機能的な被害に触れた記述はない⁶⁾。

どちらのケースの場合も、道路幅員が大きいこと、都心部における沿道建築物の耐震性の高さ、郊外の住宅地における建築物が道路から深くセットバックして建てられるケースが多いことなどが寄与して、関東大震災やメキシコ地震、そして阪神大震災で非常に多く発生した街路閉塞がほとんど起こらなかつたものと考えられる。これらの合衆国における地震被害からも、やはり道路網など都市のインフラの空間的余裕度を向上させる必要性がわが国の都市への教訓として挙げられている^{7), 8)}。

(2) 地域防災計画などにおける街路の機能的障害への認識と取り組み

a) 阪神大震災後の地域防災計画と街路の機能的障害

震災前の神戸市地域防災計画をみると、緊急道路確保計画については、わずかに『家屋密集地の場合、家屋倒壊による道路の閉塞も考えられるが、極力歩行者の通路を確保するために障害物を除去する。付近に使用可能な重機械(ショベル、ブルドーザーなど)があればこれらを使用する』と述べられているのみで⁹⁾、自治体において街路閉塞の発生程度、緊急活動における自動車利用上の影響度が理解され、その対応策が十分に検討されていたとは考えにくい。

これに対して阪神大震災後に改定された神戸市地域防災計画では、今回の地震において『住宅地などの密集している地域を中心に広域的に火災が拡大するとともに、建築物や構造物の倒壊、交通渋滞などにより緊急車両の通行や避難に支障をきたすなど市街地における都市基盤の重要性が明らかになった』と捉えられ¹⁰⁾、また、消防活動についても『対応するための人員や車両の不足、水道の断水による消防水利の問題、建築物の倒壊による消防車両の通行障害など、消防力の課題や限界が示されることとなった』とされている¹⁰⁾。

こうした状況認識を踏まえて、兵庫県や神戸市の復興計画では、延焼遮断帯や防災緑地軸、街路緑地軸の整備、街区の不燃化・高度化、道路の拡幅や消防水利の整備などによる消火困難区域の解消を推進することが挙げられている¹¹⁾、¹²⁾。ソフト的な方策としても緊急啓開路線として、病院など主要公共施設や市役所など防災関係機関を結ぶ路線、広域的な幹線道路による緊急輸送路ネットワーク、主要な防災点に接続する路線、これらを補完する路線が重点的に選定されることとされた。また、制度上、道路管理者以外にも警察官、消防隊員、自衛隊員などがそれぞれの緊急車両の通行障害となる障害物の除去を行えるようにするなど、諸機関による緊急時の自動車利用の効果を重要視し、市街地の道路ネットワークを積極的に確保しようとする姿勢がうかがえる¹²⁾。

他の自治体についても阪神大震災後、同様な改善傾向が見られる。例えば震災後改正された東京都の地域防災計画では、都内に13,500haにわたって存在する『木造住宅密集地域の防災性向上の推進』が特に重大な課題としてとらえられ、交通輸送機能の強化のため『交通規制、道路啓開体制の抜本的強化』が謳われている¹³⁾。また東京消防庁は『障害物排除機能を有するポンプ車の整備や消防活動用重機を導入するなど、消防活動路の確保を推進することとした』など、阪神大震災の経験を生かした防災計画の充実が指向されてきている¹⁴⁾。

b) 緊急活動と街路の機能的障害

このような街路の機能的障害は、各種の緊急防災活動に支障をもたらした。その典型的なものの一つは、消火活動への支障を通じて、火災の延焼の危険性が增大することである。これは、関東大震災においても言及されている、倒壊家屋の瓦礫が『路面焼損』することによって街路を超えて延焼していくことばかりでなく、街路の閉塞によって消防隊が火災地点へ到達することが困難になったり、あるいは到達時間が増大して、延焼の危険性に強く寄与する初期の消火活動に大きな影響を与えることによるものである¹⁵⁾。街路閉塞による機能的障害の消火活動への影響は、例えば1991年の東京都の地域別延焼危険度測定¹⁶⁾や、1995年の地域危険度測定では、地震発生後にも通行可能な道路の幅員最小値として、①地盤軟弱地域、②それ以外の地域、③空地、耐火造建築物などに面した道路の3つの区分別に、それぞれ7.5m、6.5m、5.5mが用いられている¹⁷⁾。こうした緊急活動の分野において、街路の機能的障害を念頭に置いたより緻密な防災計画策定が指向されてきているといえることができる。

緊急活動全般については、建設省の道づくりキックオフ・レポートで『被災直後の避難、救助・救援活動などに大きな影響を及ぼした倒壊家屋などによる道路の閉塞は、道路の幅員によるところが大きく、8mの幅員がある道路では通行不可は生じなかった』¹⁸⁾と取り上げられている。しかし、これらの通行可能幅員などについても、現実的で効果的な緊急活動計画の策定のためには、今回の震災の分析に立脚したより緻密で定量的な分析が必要であろうことは多言を要さない。

(3) 震災時における街路の機能的障害に関する研究の意義と本研究の位置づけ

a) 街路の機能的障害に関する研究の意義と展望

以上のように、阪神大震災において顕著であった建築物や電柱などの倒壊による街路閉塞は、関東大震災やメキシコ地震でも発生し、街路インフラか建造物のどちらか、あるいは両方の貧弱さが寄与している可能性が示唆された。

わが国の道路インフラは、延長や幅員、歩道、空地など種々の面で未だ貧困な状況にあるが、その中でも土地区画整理事業などの実施されていない市街地における街路インフラの水準は極めて低い。またこのような地域では密集した木造住宅が多い。わが国の都市において、この街路閉塞現象は相対的に発生しやすい状況にあると言える。従って、街路閉塞現象は、欧米諸国などと比較するとわが国特有とは言えないまでも、とりわけわが国に顕著な現象と認識すべきである。

一方、現代の災害における防災上の種々の緊急活動

においては、機動性の確保や重機・要員の運搬などのために自動車を利用することになる。またこれに加えて(その賛否はひとまずおいても)、被災者やその支援者が私的に自動車を利用することも少なくない。このような状況下において、街路閉塞に伴う機能的障害は、直ちに緊急活動の重大な支障となるものと考えられる。つまり、この現象とその影響は現代のわが国の地震時の都市防災上極めて重要であると言わざるを得ない。実際、各種機関の防災計画なども、前述のようにより現実を直視して対応する方向に改善されつつあることが明らかになった。

このような状況を踏まえると、街路閉塞に伴う機能的障害に関して、次のような研究のニーズと展望を挙げることができよう。すなわち、まず、①今回の阪神・淡路大震災などにおける街路閉塞による機能的障害の発生状況を明確に把握し、②その発生要因を分析するとともに、③その諸活動への影響の程度を分析し、さらにそれらを踏まえて、④防災面からみた都市計画上的方策の検討や、⑤種々の緊急活動の実実施計画の検討を行うことが必要と考えられる。また、より属地的にはこれらの基礎的な知見に立脚して、⑥GIS技術などと連携した地区の防災安全度評価の見直しにもつながっていくべきであろう。また、⑦災害発生後の街路状況の迅速な把握処理技術とその情報伝達技術の開発も望まれている。

このような認識に立って、筆者らは地震発生直後より、航空写真を用いた街路閉塞状況の把握とそのGISデータとしての整理や、消防・警察・自衛隊など緊急活動を担当した機関を対象とした調査を実施し、その一部を中間報告としてまとめてきたが^{18), 19), 20)}、本稿では上記の内の①、②、③について、その後に得られた成果を加えてそれらを包括してとりまとめた。

b) 街路の機能的障害の発生状況把握などに関する研究の現況と本研究の特徴

阪神・淡路大震災における街路閉塞による街路網の機能的障害を航空写真を用いてシステムティックに把握しようとする試みについては、筆者らによる東灘地区などの4地区における街路リンク幅員を震災前後で比較したものが最も初期のものとしてあげられる¹⁸⁾。その後、筆者らのグループに加えて、灘区を対象とした塚口ら^{21), 22), 23)}、東灘区を対象とした小谷ら²⁴⁾も航空写真を用いた状況把握を行った。これらは、どちらも対象地区を限定して分析するものであるが、特に小谷の研究はその中でかなり緻密な調査を行い、ミクロな視点に立った多くの成果をあげている。反面、これらでは対象地区が限定されるため、地震入力や建築物の構造特性その他の地区特性のパラエティーが低く、街路閉塞の要因分析、及び影響分析の面で難点がある

という面がある。また、計測の際の「街路の通過可能性」の定義が、やや曖昧であるという課題もあげられる^{21), 22), 23)}。

一方、碓井らの研究^{25), 26)}は、多くの学生を使って被災地広域にわたって踏査した力作で、目視によって街路の通行可能性を一つ一つ判断し、GISデータとして整理して、分布の地理的特性(まとまりの具合やそのフラクタル次元の計算など)について考察されている。航空写真による街路閉塞の計測の場合、作業効率が高い反面、撮影条件によっては計測困難な箇所も生じることがあるのに対して、地上踏査ではより着実なデータがとれる。しかしながら、碓井らの調査では”通行不能”の定義が曖昧なままに多数の別個の観察者によって計測されたため、その後の実用上の数値処理に問題が生じているように見受けられる。また、土木や都市の分野での研究に較べると、分析における実用上の視点がやや欠けるため、全体的に操作性の低い研究結果となっていることは否めない。

本研究の基本的目的意識は、併行するこれらの研究と共通する点が多いが、方法論的には特に次のような点が特徴としてあげられよう。

- ① 被災度や街路インフラの整備度などの諸要因がバラエティーに富むように、被災地から7つの対象地を選定して分析し、地区間の比較も行っていること。
- ② 航空写真上での街路閉塞の計測にあたっては、解析図化機などを用いて、瓦礫による場合には幅員遮蔽率を、電柱などの倒壊による場合には電柱の3次元座標を計測し、計測者の判断の曖昧さを極力排除するとともに、その後の数値的処理が可能なGIS上のデータとして整備したこと。
- ③ 消防署などにおいて、実際に緊急活動に携わった人々を対象にしたインタビュー及びアンケート調査を実施し、街路閉塞の影響に関する生の情報を記録したこと。

3. 調査対象地区の選定

街路閉塞の状況は地区の特性に大きく依存していると考えられる。そこで、①建築物の被災程度、②建築物の種別(建築物の木造率・低層建築物の割合など)、③用途地域(住居地域・商業地域など)、④既に区画整理がなされているか、などの地区特性を勘案して、特性の異なる7つの調査対象地区を選定した。各地区には平均約400の街路リンクがあり、かつ地区内の特性がほぼ均質と見なせるように、被災度別建物分布状況図²⁷⁾上で概ね500～900m四方に設定した。

7つの調査対象地区の特性を表-1にとりまとめた。本研究での諸調査・分析はすべてこの7つの地区をベースとするものである。

表-1 調査対象地区の特徴

調査地区名	長田 (長田区)	兵庫 (兵庫区)	三宮 (中央区)	春日野道 (中央区)	六甲道 (灘区)	魚崎 (東灘区)	芦屋 (芦屋市)
用途地域	工業・準工業 近隣商業 住居地域	商業地域 近隣商業地域 住居地域	商業地域	住居地域 第二種住専	商業地域 近隣商業地域 住居地域	第二種住専	一般住宅地区
区画整理実施区域	40%	100%	100%	100%	50%	40%	60%
戦災における罹災率	40%	95%	90%	95%	35%	15%	50%
道路率	30%	33%	38%	33%	32%	19%	27%
歩道面積率	7%	11%	12%	5%	7%	3%	7%
低層建築物の割合	60%	51%	14%	66%	61%	69%	66%
建築物の木造率	高い	並	低い	高い	並	高い	高い
建築物の被災率	73%	56%	33%	25%	55%	50%	40%

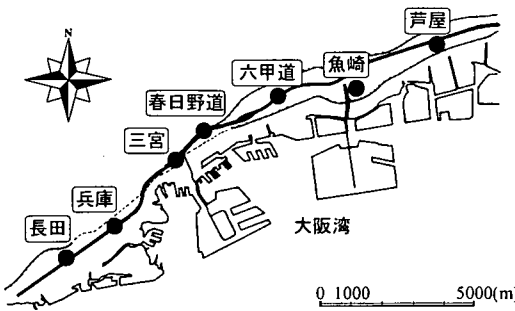


図-1 調査対象地区

表-2 瓦礫位置コードと通過可能車道幅員の算出方法

歩道形状 カテゴリー	閉塞率決定瓦礫 位置	コード	場合分け	通過可能車道 幅員 (Wa)
歩道無し		0		W - Wd
片側歩道	無し	10		W - Wp
	歩道側	11	$Wd \geq Wp$ $Wd < Wp$	$W - Wd$ $W - Wp$
	歩道と反対側	12		$W - Wd - Wp$
両側歩道	両側	13		W - Wd
	無し	20		W - 2Wp
	片側	21	$Wd \geq Wp$ $Wd < Wp$	$W - Wp - Wd$ $W - 2Wp$
	両側	22		W - Wd

4. 航空写真を用いた街路閉塞の発生状況分析

(1) 発生状況分析の目的

本分析は、

- ① 主要な被災地における街路閉塞の発生状況
 - ② 街路の幾何構造や、街路インフラ整備状況などの地区の諸特性が街路閉塞に及ぼす影響
- の2点を把握することを目的とする。

(2) 航空写真を用いた街路閉塞実態調査の概要

前章で選定した調査対象地区における街路閉塞の発生状況を把握するために、航空写真を用いた街路閉塞の実態調査を実施した。

a) 街路閉塞状況の判読方法

1) 使用写真

1995年1月18日(地震発生の翌日)に国際航業(株)が撮影した縮尺概ね1/5500の航空写真(垂直写真)を用いた。1月17日の地震発生直後に撮影したのもあったが、火災による煙などが写真判読の障害となる可能性が高いことから使用を避けた。

2) 街路リンク・幅員遮蔽率の定義およびデータの計測方法

交差点間の街路セクションを1つの街路リンクと定義した。なお、中央分離帯のあるものについては街路

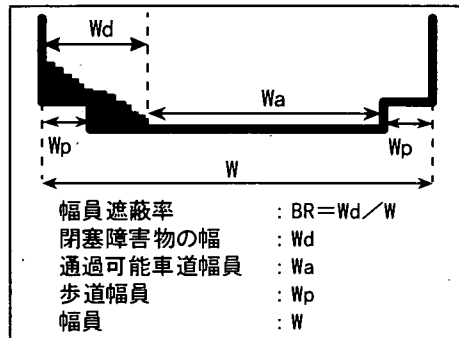
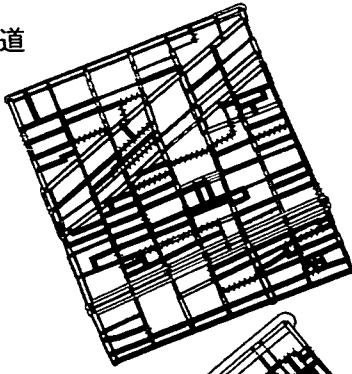


図-2 幅員遮蔽率の計測概念図

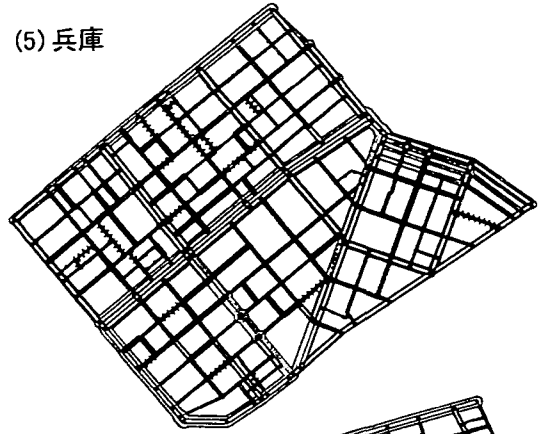
を中央分離帯で方向別に分け、2つのリンクとして処理した。また、閉塞障害物によって最も大きく遮蔽された部分の街路幅員に対する比率を幅員遮蔽率と定義し、これに基づき、分析対象地区内の各街路リンク毎に幅員遮蔽率、閉塞障害物、幅員、歩道幅員および瓦礫位置コードを判読した(表-2, 図-2)。

この際、幅員遮蔽率は、閉塞障害物として①建築物の倒壊などによる瓦礫、②電柱、信号、街路樹などのポール類、の2種類を取り上げて計測した。なお、18日の航空写真上において、駐車車両は取り立てて顕著に認められなかったため、対象から割愛した。

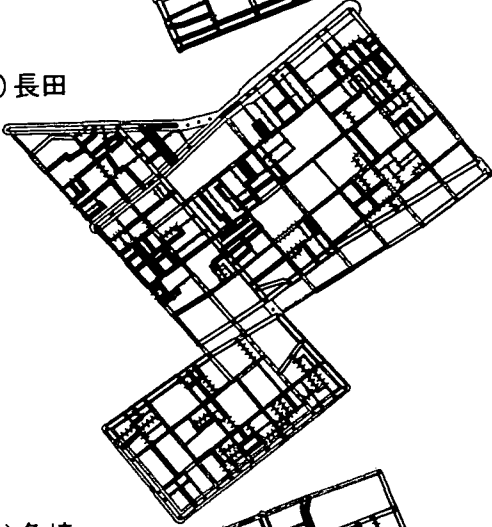
(1) 六甲道



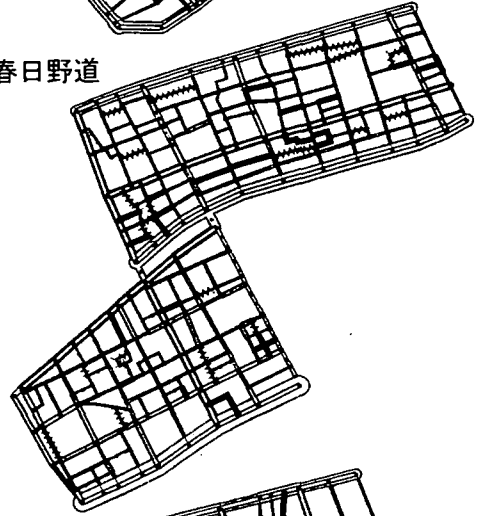
(5) 兵庫



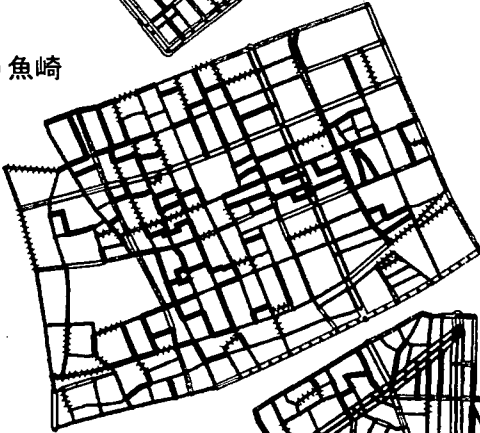
(2) 長田



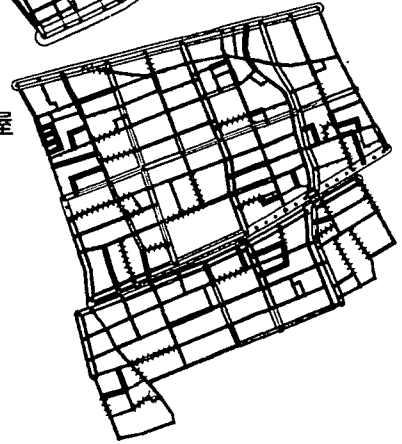
(6) 春日野道



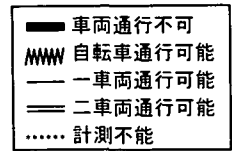
(3) 魚崎



(7) 芦屋



(4) 三宮



0 100 500(m)

図-3 街路閉塞状況地図-通行可能性-

表-3 通行可能性の区分

残存車道幅員	通行可能性
0~1.5m	車両通行不可
1.5~3.0m	自転車通行可能
3.0~6.5m	1車両通行可能
6.5m~	2車両通行可能

3) 瓦礫による幅員遮蔽率の測定作業

解析図化機を利用して航空写真を立体視した場合、ガレキの水平方向成分は5cm、高さ方向成分は7.5cmの精度で計測が可能である。しかし、データの緊急性を考慮し、今回は解析図化機および簡易実体鏡を併用して航空写真を立体視し、幅員遮蔽率を5%刻みで直接測定した。判読は2名1組で行い、1地区に約1日を要した。

4) 電柱などポール類による幅員遮蔽率の測定作業

解析図化機を使用して対象物の上端と下端の3次元座標を測定し、その座標値からポール類の長さとしきを計算することによって幅員遮蔽率を算出した。ポール類の判読には相当の熟練技能を要するため、専門のオペレーターが実施し、1地区に約半日を要した。

b) データベースの構築

計測した幅員遮蔽率、街路幅員、歩道幅員、瓦礫位置コードから残存車道幅員を算出し(表-2, 表-3)、その他の計測データと合わせてデータベースを構築した。この際、両側に歩道があり、それぞれの幅員が異なる場合には、便宜的に両側幅員の平均値を歩道幅員として用いた。

これらのデータをGISに移入し、別途構築した道路ネットワークのリンクデータと結合して、全体のデータベースを構築した。

(3) 街路閉塞の判読結果

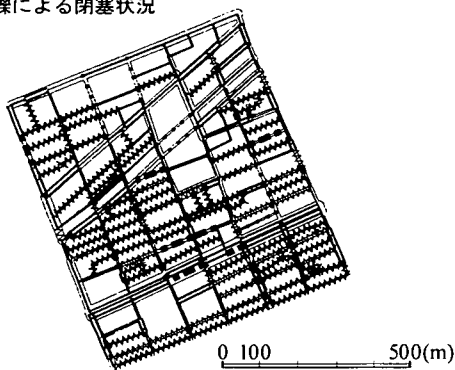
a) 街路閉塞状況地図

算出した残存車道幅員(以下Wa)を地震後の諸活動において重要な役割を担うと考えられる自転車・バイク・自動車の通行可能性に着目して分類し(表-3)、街路閉塞状況地図を作成した(図-3)。

第二次世界大戦において全面的に罹災し、戦後の区画整理が徹底して実施された兵庫、三宮、春日野道地区では、三宮地区の北側の一部を除いて、街路閉塞によって車による接近が困難となった箇所が非常に少ない。一方、長田、魚崎、六甲道地区では、もともとの街路網が雑然としており、街路閉塞によって多くの区画で車による接近が困難になったことがわかる。

また、六甲道地区の閉塞状況を電柱などポール類の倒壊によるものと建築物の倒壊による瓦礫に起因するものとに分けて表示した(図-4)。電柱などポール類によって支障を受けたリンクは7地区を平均すると全体の7%であり、瓦礫類の56%と比較して小さい。しかし、

(1) 瓦礫による閉塞状況



(2) ポール類による閉塞状況

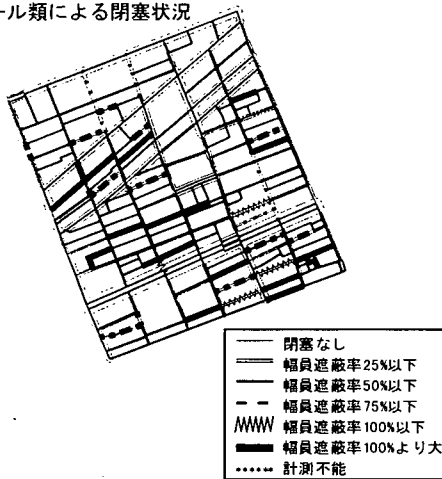


図-4 閉塞障害物別の街路支障状況の例(六甲道地区)

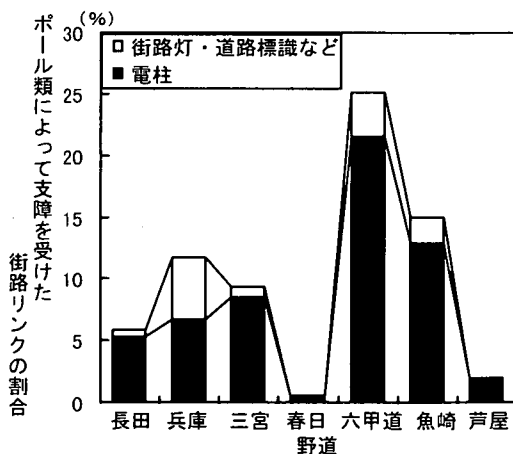


図-5 ポール類による支障街路リンクの比率

六甲道地区では全リンク数の24%もが電柱類によって支障を受けている。この原因に関しては今後研究を進めていく必要があるが、電柱類によって被害が甚大になる可能性を秘めている点は注目値する。(図-5)

b) 街路幅員別にみた街路閉塞の発生状況

図-6は、街路閉塞の発生状況を地震前の車道幅員別

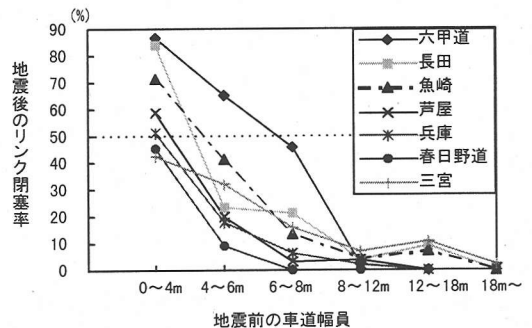
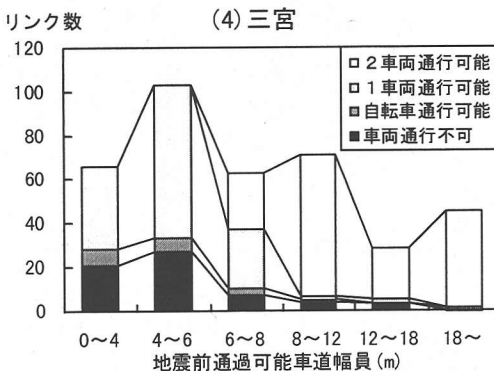
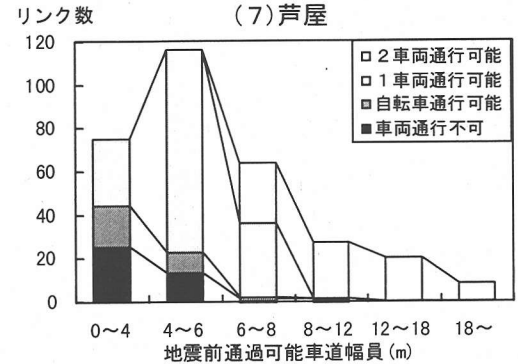
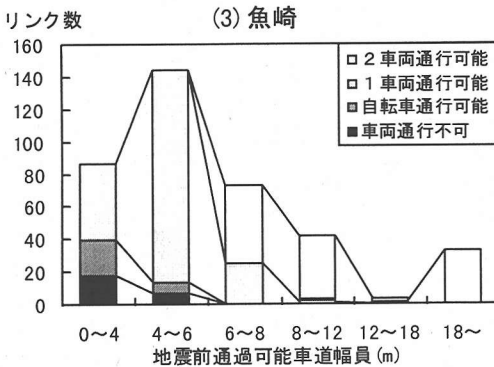
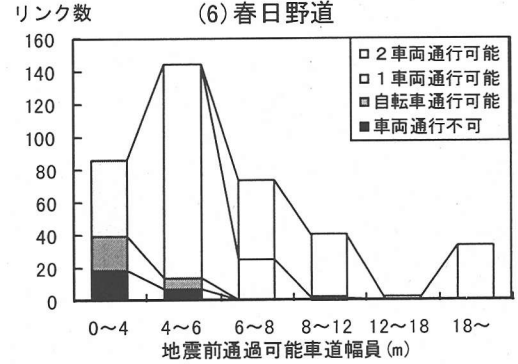
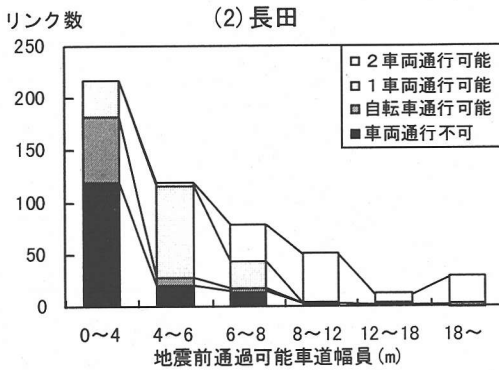
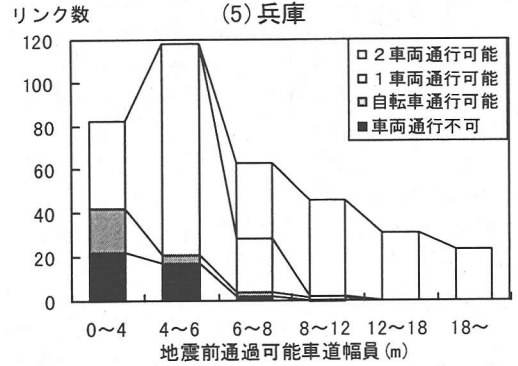
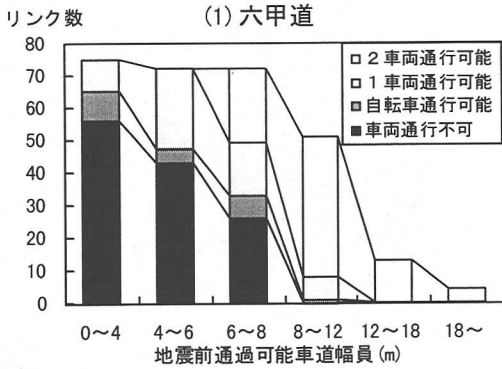


図-6 幅員別の街路閉塞状況(1)~(7)

図-7 幅員別にしたリンク閉塞率

に整理したものである。これは、街路幅員を建築基準法において道路と認定される幅員4mから2mごとに分類し、地震後のWaを街路閉塞状況地図と同様に表-3の区分で分類して、クロス集計したものである。ここでは、各調査地区の街路リンクのうち、閉塞によってWaが3m以下になったリンクの割合をリンク閉塞率と呼ぶ。

幅員4m以下の街路では、建築物の被災度の低い三宮地区(41%)・春日野道地区(45%)を除いた5地区でリンク閉塞率が50%を越えた。中でも、建築物の被災度および低層建築物の割合の大きかった六甲道・長田・魚崎地区では87%, 84%, 71%と非常に高い比率となっている。なお、7地区の平均リンク閉塞率は63%であった。また、幅員4-6mの街路においてリンク閉塞率が50%を越えた地区は六甲道地区(65%)の1地区に止まり、兵庫・芦屋・春日野道地区では20%を下回った。

幅員の大きな街路における7地区の平均リンク閉塞率は、幅員6-8mの街路では15%, 幅員が8m以上の街路では3%となり、幅員8m以上の場合に初めて7つの調査地区の全てで10%を下回る。これらの結果から自動車の通行の可能性という面からみると、車道幅員が8m以上まで広がると街路は、地震時における信頼性がかなり高くなるということが出来る。ただし、三宮地区でみられたように、幅員12-18mの街路でも、高層ビルの倒壊によって自動車の通行が困難となることがある点は注意を要する。

(4) 既存の街路整備状況と街路閉塞の関係

街路の閉塞現象は、既存の街路インフラの整備状況と建築物の被災程度によって影響を受けると考えられる。図-8は、横軸に既存の街路インフラの整備状況を表す指標としての「地震前の街路幅員の中央値(以下Mb)」を、縦軸に「建築物の被災率:(全壊建築数+半壊建築数×0.5)/(全建築物-火災による損傷建築物-未調査・不明建築数)」をとり、地震後に残存した通行可能車道幅員の中央値(以下Ma)の概略コンターを描いたものである。

街路インフラの整備状況が低い魚崎、長田地区では建築物の被災率も高かったこととあいまって、Maが3.2m, 3.6mと小さくなっており、街路が壊滅的な被害を受けていたことがわかる。また、街路インフラの整備状況が比較的高い兵庫地区では、建築物の被災率が大きいにも拘わらず、Maが5.2mと閉塞後もかなりの街路幅員が確保されていた。一方、Mbおよび建築物の被災率が兵庫区と同程度であった六甲道地区では、Maが7地区中最小の2.8mになっている。この理由としては、倒壊による街路への影響度が大きいと考えられる木造建築物、集合住宅、老朽建築物が相対的に多く含まれていることなど(表-4、図-9)が考えられる。

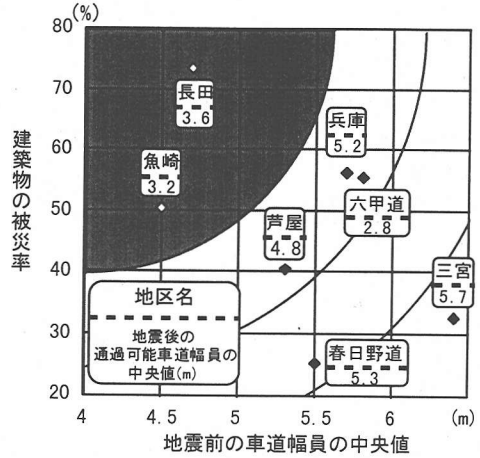


図-8 建築物の被災率等と通過可能幅員の関係

表-4 各地区の建築物特性(神戸市提供データより作成)

地区名	六甲道	春日野道	長田	兵庫	魚崎	三宮
木造率(件数ベース)(%)	57.7	64.4	72.5	52.1	54.4	27.3
昭和25年前建築物(%)	19.2	5.6	23.8	9.1	13.7	7.8

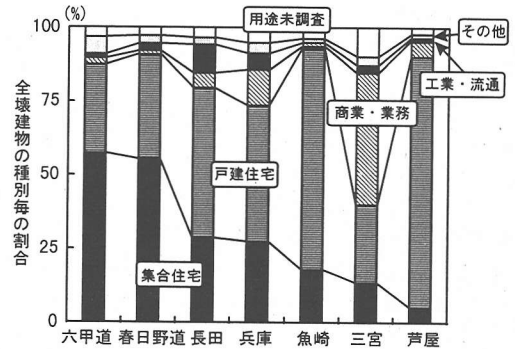


図-9 各地区の全壊建物数の内訳

(文献²⁸⁾のデータを使用して作成)

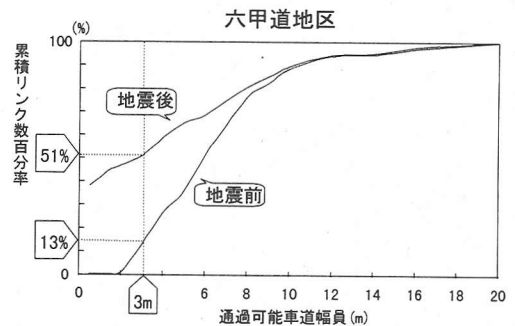


図-10 街路幅員の累積分布図の例

また、図-10は六甲道地区において、地震前後の通過可能な車道幅員の累積分布曲線をリンク数をベースとして表示したものである。ここでは、Wa(通過可能車道幅員)3m以下の街路リンクの割合が、地震前後で、13%から51%にまで上昇しており、車両による走行が

非常に困難となったことがうかがえる。地震後にある程度の車両による通行可能な街路リンクを確保するためには、①既存の街路インフラを充実させることによって、累積分布曲線を街路幅員の大きい方へシフトさせること、②建築物の耐震性の向上によって、累積分布曲線の変化を小さく押さえることの2つの対策が考えられる。例えば六甲道地区において、累積分布曲線の変化を半分に押さえることができたならば、 W_a が3m以下となる街路リンクは30%程度であったものと予測できる。

これらのことから、街路の幅員分布と建築物の被災度が地震後の街路の幅員に大きな影響を及ぼしていることが確認された。

5. 街路閉塞の救助・消火・救援などの諸活動への影響分析

(1) 街路閉塞影響分析の目的

本分析では、地震後の救助、消火、救援などの活動において重要な役割を果たした消防隊員、警察官、自衛隊員を対象に、

- ①街路閉塞が救助・消火・救援などの活動に及ぼした影響内容
- ②その影響程度と街路閉塞状況との関連性を明らかにすること
- を目的とする。

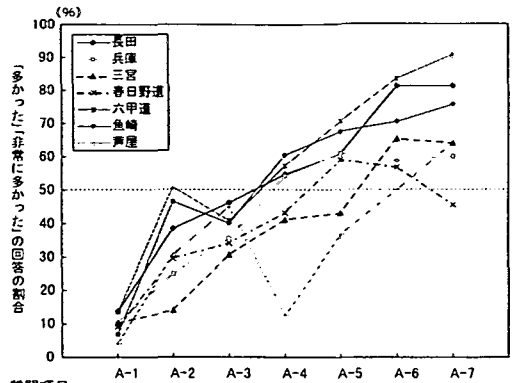
(2) 街路閉塞が消防活動へ及ぼした影響

地震発生から2日間で、兵庫県内では184件の火災が発生し、約70haが焼失し、約7,000棟が灰塵に帰した。全壊・全焼・半壊・半焼の被害を受けた家屋は約20万棟を越え、死者数は6,279人、負傷者数は34,900人にのぼる²⁸⁾。これに際して、延べ約7万1千人(推計)の消防隊員が震災直後から消火・救助活動にあたった。街路の閉塞はこれらの活動にも影響を及ぼしたものと考えられる。

a) 調査の概要

1995年10月、芦屋市消防本部において消防署長、および現場で活動した消防隊員に対して、街路閉塞の影響内容に関するパイロットインタビュー調査を実施した。この結果を踏まえて、アンケート項目を考案した。芦屋市消防隊員に対して、同月にパイロットアンケート調査を行った。11月に神戸市消防局警防部にてアンケートの質問内容を一部改良した後、調査地区(表-1)に対応した神戸市の各消防署(長田、兵庫、生田、葺合、灘、東灘)の全消防隊員へアンケート調査を実施した。アンケート項目は、

- ①車両で走行する際の障害
- ②現場及びその付近での消火活動における障害
- ③救助活動における障害



質問項目
A-1: 倒壊物の下敷きになっている人がいるかもしれないという不安から、通行をあきらめた
A-2: 道標となる建物・道路標識の倒壊などによって、道がわかりにくかった
A-3: 車道が支障していたため、歩道に車輪を乗り上げて走行した
A-4: 支障した街路を走行したことにより、車両が横揺れしたり、通行に苦勞した
A-5: 車両部署位置が消火・救助の活動現場から通常よりも離れてしまった
A-6: 街路閉塞のために迂回を強いられ、走行距離がかなり長くなってしまった
A-7: 互譲などによって街路がふさがれてのために通行をあきらめた

図-11 車両走行上の障害発生状況

④街路の通行障害の原因、生活街路内での渋滞状況など

⑤街路の支障情報の収集など

に関する計21問である。①②③の各項目では、街路閉塞に伴う街路の機能的障害が震災後2,3日の救助・消火活動に対して影響を及ぼしたと考えられる13のケースを設定した。これらのケースが、それぞれどの程度生じていたかを「非常に多かった・多かった・どちらとも言えない・少なかった・非常に少なかった」の5段階で質問した。なお、有効サンプル数は355であった。

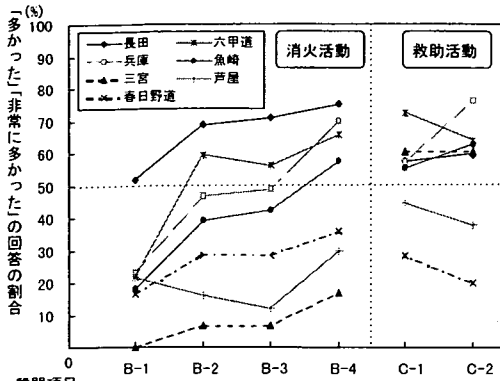
b) 調査結果および考察

1) 街路閉塞による支障内容

1-A) 車両で走行する際の障害(図-11参照)

平均して半数以上の消防隊員が、「多かった」又は「非常に多かった」と回答したケースは、(A-5)、(A-6)、(A-7)である。これは、車両での走行においては、街路閉塞による物理的なアクセス機能の低下が大きな問題であったことを示している。また、(A-2)の質問項目では、長田、六甲道、魚崎、芦屋の4地区において30%を超える消防隊員が「多かった」又は「非常に多かった」と回答した。これらの被災度の高い地区では、街路閉塞などに伴い地区内の様子が著しく変化し、日頃の訓練によって管轄区域内の状況をよく把握している消防隊員でも活動に少なからぬ混乱を生じていたことがうかがえる。なお、この質問項目において三宮地区では「多かった」又は「非常に多かった」の回答が14%と低くなっていた。これは、三宮地区が、市役所などのランドマーク的な建築物が多く、かつ幹線道路の比率が高いことに起因しているものと考えられる。

1-B) 現場及びその付近での消火活動における障害(図-12参照)



質問項目

- B-1: 街路際にある防火水槽が瓦礫に覆われて使用できなかったり、瓦礫の撤去に苦労した
- B-2: ホースの手びろめ作業のときに街路上の瓦礫などのため、苦労した
- B-3: 街路上の障害物によって、ホースカーが使用できず、手びろめ作業を余儀なくされた
- B-4: 移動注水を行うときに、街路上の瓦礫などのために苦労した
- C-1: 街路上に瓦礫などが散在していたため、救出者の搬送に苦労した
- C-2: 街路上の瓦礫などによって、車両部署位置から現場までの資器材搬送に苦労した

図-12 消火・救助活動上の障害発生状況

消火活動における障害の程度は、調査地区内の火災発生件数に影響される。したがって、火災件数の多かった長田、兵庫、六甲道地区では(B-1)を除いて非常に苦労したという結果を得た。一方、火災件数の少なかった三宮・芦屋地区では、障害の程度が低く回答された。

ホース1本の重量は約60kgである。瓦礫によって街路が閉塞している場合、手びろめ作業や移動注水に際して、その作業労力が著しく増大し、効率が低下する可能性がうかがえる。

1-C) 救助活動における障害(図-12 参照)

削岩機、電気ハンマードリル、チェーンソーといった資器材はかなりの重量がある。したがって、車両停車位置と救助現場の距離、及び通行経路の状態が搬送効率に多大な影響を及ぼしていたと考えられる。

2) 街路状況と支障影響の関連性(図-13 参照)

街路状況を示す指標として、地震前後の通過可能車道幅員が3m未満の街路リンクの割合(以下Ru3)を選び、A-7について街路閉塞とその影響程度の対応関係を表示した。

地震後のRu3と「多かった」又は「非常に多かった」の回答の割合には明らかな相関関係が見られた。街路閉塞現象を少なくすることが、救助・消火活動を円滑にする一助となることがうかがえる。なお、長田地区では街路閉塞現象が生じる以前からRu3が28%と高く従来から救助・消火活動が困難な状態であったといえよう。円滑な救助・消火活動という視点からすると長田地区の既存の街路インフラには問題が少なくなかったことがうかがえる。

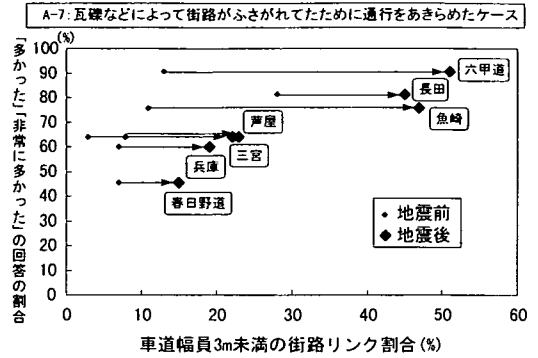


図-13 街路閉塞状況と活動状況の関係

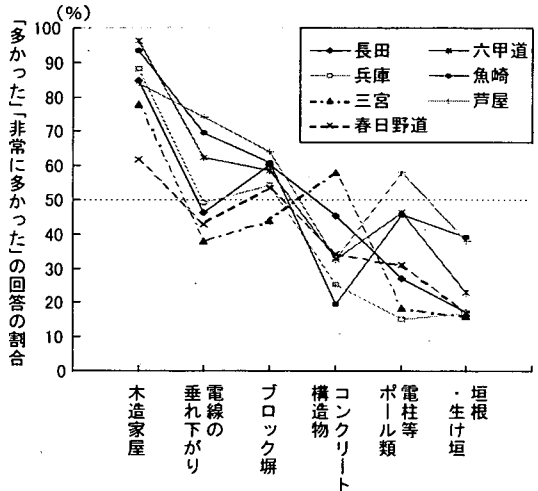


図-14 街路閉塞障害物の内訳

3) 消防活動に影響を及ぼした閉塞障害物

(図-14)は、それぞれ「街路の通行障害の原因となっていたケースがどの程度生じていたのか」という質問に対する結果である。ここで着目すべき点は40%以上の消防隊員が「電線の垂れ下がり」を「多かった」又は「非常に多かった」と回答していることである。これは、消防自動車は梯子を積載しているために、少しの電線の垂れ下がりも感電の危険性から大きな障害となっていたことによると考えられる^{注1)}。

(3) 街路閉塞が警察の活動に及ぼした影響

地震発生当日、兵庫県内の各警察署では、当直員約2,000人が発生と同時に活動を開始した。非常召集や、自主参集などで駆けつけた警察官も加わり、地震発生から2時間後には8,500人、約6時間後には県警の定員の9割を越える1万5000人が活動に当たった。活動

注1) その他消防活動に支障を来した要因として、フリーアンサーの中では、一部の地区において駐車車両や放置車両の存在もあげられた。地震発生から2,3日の緊急活動においては駐車車両も街路機能を低下させる一要因であることがうかがえる。

内容は、

- ①被害の実態把握
- ②救出・救助・遺体収容活動
- ③交通規制

などである。これらの活動を行うにあたって街路の閉塞がどのような影響を及ぼしたのかを明らかにすることを目的に、警察官に対するインタビュー調査を実施した。

a) 調査の概要

1995年12月、兵庫県警察本部交通部交通規制課でパイロットインタビュー調査を実施し、警察官の活動の概要を把握した。これに基づいて、警察官の活動に街路閉塞が影響を及ぼしたと考えられる項目を抽出し、同月、調査7地区に対応した各警察署（長田、兵庫、生田、葺合、灘、東灘、芦屋）でインタビュー調査を実施した。対象は実際に救助活動及び被害の調査活動を行った警察官や、交通課の指揮官の計28名である。インタビュー内容は以下の4項目である。

- ① 救助活動における障害状況
- ② 遺体収容活動における障害状況
- ③ 街路の機能的障害状況の把握および処置方法
- ④ その他

b) 調査結果及び考察

1) 救助活動における障害

警察官の救助活動は、徒歩を基本として行われていたため、現場までの移動に関して街路閉塞の影響はあまりみられなかった。しかし、管轄内の街路閉塞状況が著しく、かつ認知死者数が1,332人と人的被害が著しく大きかった東灘署(魚崎)では、「瓦礫があればその下には人がいる可能性があるから、乗り越えることができず、迂回には相当苦勞した」という声が聞かれた。一方、現場における救助活動では、「街路が閉塞していたため鉄筋コンクリートビルの倒壊現場に重機を入れることができず、幹線街路を迂回して小学校に入り、小学校の壁を撤去して重機を入れた」(三宮)や、「大型ユンボを救出現場へ導入しようとしたが、街路が閉塞していたため、現場へ到達することができなかった」(芦屋)などにみられるように、街路閉塞によって重機の使用が困難となるケースが生じていた。1章で述べたように、地震時には、救助活動における重機の有用性が確認されている。しかし実際には「重機は大きすぎて使いづらかった。したがってその活用は幹線や大きなビルの倒壊現場のみに限られた」(兵庫)に見られるように、既存の街路インフラの整備状況が貧困であることに加えて、街路閉塞が大量に発生したことによって、重機の導入範囲はわずかであった。

2) 遺体収容活動における障害状況

遺体は主に車両によって、遺体発見現場から安置場所へ搬送された。したがって、「車両まで遺体を担いで

100m以上歩くこともあった」(魚崎)など、街路が閉塞していることによって車両が現場に近づくことができず、徒歩による搬送距離が長くなるという支障が生じていた。また、「交通事情が悪く車が来れないために2,3時間遺体を屋外に放置しなくてはならなかった」(魚崎)などの影響もみられた。

3) 交通規制における障害状況

街路閉塞によって、被災地域内の通行可能道路は極めて限定された。また、交通信号機の倒壊・断線などによって交通管理機能が大幅に低下した。このため、震災後、被災地域内では交通渋滞が発生し、緊急車両の通行に大きな支障をきたすことになった。これに伴い、災害警備本部では、交通警察官約2,000名を動員して、地震の翌日までは、地域一帯の把握を行った。1月19日からは、交通総量を削減し、国道2号及び43号の円滑な交通の確保を目指し、緊急物資輸送車両の通行を確保するための規制を実施した。しかし、実際には生活街路の多くが閉塞してしまったことによって、迂回路を閉ざされた大量の一般車両が幹線道路に集中したために、規制の実質的効果はあまり期待できなかった。

4) 街路の機能的障害状況の把握および処置方法

各警察署とも街路の被害状況を緊急対策本部で一元的に管理し、地図上に表示していた。また、危険防止のための通行禁止、及び迂回誘導措置を行うため、地震後2,3日目から各警察署とも管内の被害状況の把握を網羅的に行い、倒壊の恐れのある傾いたビルが面した街路には交通規制を敷くなどの処置を施していた。

(4) 街路閉塞が自衛隊の活動に及ぼした影響

自衛隊は地震当日に災害派遣されてから、人命救助や、給水、炊き出し、風呂の設営などの救援活動など広範囲の活動を展開した。4月27日の全面撤退に至るまでの延べ出動人員は、220万人に上る。ここでは、これら自衛隊の活動において街路閉塞がどのような影響を及ぼしたのか明らかにするため、被災地で活動した陸上自衛隊の自衛官を対象にインタビュー調査を実施した。

a) 調査概要

1995年2月、防衛庁陸上幕僚総監部広報課でパイロットインタビュー調査を実施し、被災地における自衛官の活動概要を把握した。これに基づいて調査項目を抽出し、同月、中部方面隊第3師団司令部広報室(千僧駐屯地)において、インタビュー調査を実施した。調査は、震災当時、現場で活動した神戸市と第3師団との連絡幹部、救助・救援活動を行った第3特科連隊の中隊長、情報収集活動を行った第3偵察隊の情報幹部、及び、広報担当者、合計4名に行った。調査項目は以下の通りである。

- ① 街路の機能的障害の情報の入手方法

- ② 救助・遺体収容活動における障害状況
- ③ 給水・給食など、救援活動における障害状況
- ④ その他

b) 調査結果及び考察

インタビュー結果を以下にまとめる。

1) 街路の機能的障害の情報の入手

偵察隊が収集する情報は地震発生から時間経過とともに変化していた。地震発生から、2、3日は街路の機能的障害の情報として、大型車の通行可能な4～5mの車道幅員が確保されている経路、及びその経路を選択した場合の旅行時間の情報が収集された。しかし、実際には街路閉塞によって使える街路が限られたために、経路の選択肢はほとんどなく、「渋滞で進めない」と連絡するしかなかった」とのことであった。

救援活動がメインとなった地震後3日目からは、避難所で要望されているものを調査するために避難所を回る中で、経路の街路状況の情報を収集していた。

2) 救助、遺体収容活動及び救援活動における障害状況

駐屯地を車両で出発した自衛隊員は、被災地区に集結地を設け、そこからは徒歩を基本として救助、遺体収容活動を実施した。このため、集結地から救出現場までの移動に関しては「街路閉塞現象による影響はほとんどなかった」という状況であった。しかし、救出現場においては、「救出現場に向かう重機が迂回を繰り返していた」にみられるように、警察と同様に閉塞のために重機の搬入が困難であったことがあげられた。

自衛隊は「自己完結的」な活動を行う。したがって水・食料を駐屯地から集結地まで搬送してきた。しかし、街路が閉塞していたことによって、水・食料を積載した車両を活動現場付近に搬入することができなかったため、長時間にわたって糧食の補給が行えないという障害を生じていた。また、「街路状況が悪く、給水車を避難所に入れようとしたが曲がることができなかったため、トレーラーを切り離してタンクを引っ張っていった」、「街路が閉塞していて迂回が困難な場合、給食・炊き出しの要請時間を守るのが困難であった」という声にみられるように、街路閉塞は救援活動にも支障をきたしていた。

6. まとめ

本研究によって得られた結果をまとめると、以下の通りである。

1) 「街路閉塞」は、関東大震災を初めとする過去の大地震においても、街路インフラか建造物のどちらかあるいは両方の貧弱さが寄与した場合に発生しており、我が国において「街路閉塞」に伴う被害の重要性は当時から認識されて来た。しかし、こうした認識に基づく防災活動や都市計画における街路インフラの整備など

実質的な対応策は必ずしも十分であったとは言えない。今回の阪神大震災では、貧困な街路インフラの整備状況に加え、古い木造家屋に代表される多くの脆弱な建築物が倒壊したことによって甚大な量の「街路閉塞」が発生した。さらに、現代社会では、救助・消火・救援などの緊急活動は多分に自動車に依存せざるを得ず、「街路閉塞」に伴う車両による通行機能の低下が、これらの諸活動に及ぼした影響は非常に大きいと言える。

2) 本研究では、今回の阪神大震災における街路の閉塞による機能的障害の発生状況を航空写真を利用することによって把握し、その発生要因と諸活動への影響を分析した。その結果、まず、「街路閉塞」の発生状況として、①地区によっては50%もの街路リンクが通過不能となっていたこと、②沿道建造物の被災程度、その種別、街路幅員、歩道幅員が地震後の通過可能幅員に強く影響していること、③車道幅員が8m以上の街路では、建造物の倒壊があっても車両による通過が概ね可能であること、などを確認した。これらの結果の一部が、既発表の文献(18)～(24)などの結果と同様であることは言うまでもない。区画整理の未施工の地域などにおいては、街路インフラ整備の充実が急務であると言えることがわかる。ただし、車道幅員が8mを下回る場合でも、沿道建造物を強化することによって、車による通行をある程度確保できることが示された。今後は、今回得られた結果を基礎的な資料として、街路のネットワークとしての機能的障害を検討するとともに、街路インフラの整備と、建築物の耐震性強化の両者を統合した「街路閉塞」への対応策を提示していく必要があると言える。

3) 電柱などポール類の「街路閉塞」へ与えた被害状況は、全般的に倒壊建築物などによる瓦礫類と比較してさほど大きくはなかった。しかし、調査地区によっては全リンクの4分の1にあたる街路リンクが電柱などポール類によって支障を受けていたという事実は特筆に値する。また、消防隊員へのインタビューから電柱が倒壊にいたらなくても、傾斜することによって生じる電線の垂れ下がりが大きな支障となっていたことが示された。以上のことから、電線類の地中化は、単に美観の為ばかりでなく、防災安全性強化の上でも極めて重要であると言える。

4) 震災後の救助・消火・救援などの活動に「街路閉塞」がもたらした影響としては、①緊急車両の現場へのアクセスや、重機類の搬入を困難にしたという通行機能上の障害や、②消火活動に典型的にみられるような現場作業への障害、及び③街路網の支障によって地区内の様相が著しく変化し、震災後の諸活動に混乱をもたらしたこと、など大きな障害を生じていた。これらの障害の程度は街路閉塞状況の程度と強く関連している。

5) 街路網の状況把握は震災後の活動を行う各機関に共通して必要な情報である。しかし、各機関とも必ずしも能率的かつ体系的とは言えない方法で独自に情報を収集しており、組織間相互のやりとりも十分とは言えなかった。今後は、震災後の街路状況に関する情報を体系的にしかも、迅速に把握し、関係機関に即時に提供することが重要である。このためには、航空写真やビデオなどを利用した高速画像処理技術の開発や諸制度の整備も推進されるべきである。

謝辞:本研究は国際交通安全学会のプロジェクト研究の「阪神大震災交通調査」(リーダー:京都大学飯田恭敬教授)により支援をいただいて実施したものである。また、街路閉塞の影響を調査するにあたり、兵庫県警察本部の植村勝氏、神戸市消防局の高橋日出男氏、芦屋市消防本部の宮内隆行氏、防衛庁陸上幕僚監部の遊佐宏文氏他数々の方にご協力いただいた。ここで、感謝の意を表すものである。

参考文献

- 1) 神戸市:阪神・淡路大震災—神戸市の記録1995—, 1996
- 2) 建設省道路局:あなたの声からはじまる道づくりキックオフ・レポート資料編, 1996.
- 3) 復興局:関東大震災震害調査報告 第3巻, pp. 746-760, 1923.
- 4) 東京都:メキシコ地震調査報告書, pp. 75-79, 172-175, 1986.
- 5) 国土庁防災局監修:1989サンフランシスコ湾岸地震(ロマプリータ地震)の記録, ぎょうせい, 1990.
- 6) 大町達夫代表:1994年ロスアンジェルス地震と都市機能障害の調査研究, 1994.
- 7) 東京都:いつか東京にも?ロマ・プリータ地震東京都調査団報告書, 1990.
- 8) 東京都:ノースリッジ地震東京都調査団報告書, 1994.
- 9) 神戸市防災会議:神戸市地域防災計画 地震対策編, pp. 77, 1994.
- 10) 神戸市防災会議:神戸市地域防災計画 地震対策編, 1996.
- 11) 兵庫県:阪神・淡路震災復興計画, 1996.
- 12) 神戸市:神戸市復興計画, 1996.
- 13) 東京都地域防災計画(震災編)修正の概要, 1996.

- 14) 第6次東京都震災予防計画(平成7年度~12年度), 1996.
- 15) 保野健治郎:市街地の特性から見た延焼危険について. 阪神・淡路大震災神戸市域における消防活動の記録(神戸市消防局), 1995.
- 16) 東京消防庁:東京都の地域別延焼危険度測定, 1991.
- 17) 東京消防庁:東京都の市街地状況調査報告, 1995.
- 18) 土木学会土木計画学研究委員会:阪神大震災の緊急提言, pp. 14-15(東京大学研究室担当), 1995.
- 19) 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機能障害に関する研究—航空写真による概況把握—, 土木計画学研究講演集18-2, pp. 357-360, 1995.
- 20) 家田仁 上西周子:街路閉塞による道路機能障害状況に関する報告書, 国際交通安全学会研究プロジェクト報告, 1996.
- 21) 塚口博司, 戸谷哲男, 中辻清恵:道路施設の被害状況と交通特性, 立命館大学阪神・淡路大震災復興プロジェクト調査報告書, 1995.
- 22) 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の被害状況と発生直後の自動車流動状況, 土木計画学研究・講演集, No. 18, 1995.
- 23) 塚口博司, 戸谷哲男, 中辻清恵:空中写真を用いた震災直後の道路被害状況分析, 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, 1996.
- 24) 小谷通泰, 前野達也, 伊藤美由紀:震災による地区街路網の閉塞状況に関する分析, 第16回交通工学研究会発表会論文報告集, pp. 89-92, 1996.
- 25) 碓井照子:GISによる阪神・淡路大震災の時系列災害データベースの作成と復興過程の分析, 平成7年兵庫県南部地震の被害調査に基づいた実証分析による被害の検証, pp. 5-96~5-104, 1996.
- 26) 碓井照子, 小長谷一之:阪神・淡路大震災における道路交通損傷の地域的パターン GISの利用による分析, 地理学評論, pp. 621-633, 1995
- 27) 日本都市計画学会:阪神淡路大震災被害実態緊急調査被災度別建物分布状況図集10, 000分の1図, 1995.
- 28) 兵庫県:阪神・淡路大震災からの復興フェニックス兵庫, 1996.
- 29) 建設技術研究所:平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書, 第1編 中間布告所移行の調査分析結果, 付属CD-ROM, 1996.

(1996. 8. 9 受付)

STREET BLOCKADES IN HANSHIN EARTHQUAKE'95 AND ITS INFLUENCE ON DISASTER RELIEF ACTIVITIES

Hitoshi IEDA, Shuko KAMINISHI, Takayuki INOMATA and Tadanori SUZUKI

A street blockade was one of the most influential phenomena in Hanshin quake in January 1995 upon the disaster relief activities such as rescue, fire-fighting and relieve-logistics, which was caused mainly by the poor road infrastructure and the fragile houses. This study tried, firstly to review what had happened in several previous quakes and in the previous disaster control programs in terms of the street blockades, secondly to grasp the blockades in Hanshin quake using aerial photographs, thirdly to analyze the major causes of the phenomena, fourthly to grasp the influence on the emergency activities, and finally the authors discussed the desirable urban policies for the future.