

空中写真を用いた震災直後の道路被害状況分析

立命館大学理工学部 塚口博司*
アジア航測株式会社 戸谷哲男**
中辻清恵**

阪神・淡路大震災によって道路は大きな被害を受けた。市街地内の一般道路は震災の発生直後から消火、救助、避難等の活動に利用されていたが、その機能を著しく低下させていた。本研究では、これら震災発生後の一般道路の被災状況を空中写真を用いて調査した結果を報告する。調査内容は、家屋倒壊等の被害の大きかった神戸市内の一般住宅地において、道路の被災・閉塞状況を把握し、震災時においてどのような道路が機能していたかを、道路の幅員、歩道の有無、街路樹の有無および建物構造との関係から分析した。

1. 研究の目的

阪神・淡路大震災において道路は甚大な被害を受けた。道路の被害は幹線道路に留まらず、地区内の道路にまで及び、地区内には完全に通行できないような道路も少なくなかった。道路は多岐にわたる機能を有しているが、最も基本となる機能は、交通安全・円滑に処理し、これを沿道施設にアクセスさせることにある。このような基本的な機能は平常時だけでなく災害時にも有効に働かなければならないが、閉塞状況にあった道路も多かったわけである。今後のまちづくりにおいては、災害に強い都市を目指し災害時にも機能する道路網を整備しておくことが不可欠である。そのためには、どのような道路が通行不能となり、またどのような道路は被害が比較的少なかったのかを分析しておくことが非常に重要である。

阪神・淡路大震災においては、道路が閉塞し自動車によってアクセスできなかったエリアが存在していた。これが迅速な救助や救援活動に支障を与えたものと思われる。災害に強い道路網整備の考え方として、災害時であっても自動車でアクセスできないエリアを生じない程度の整備水準が一つの目安となると考え

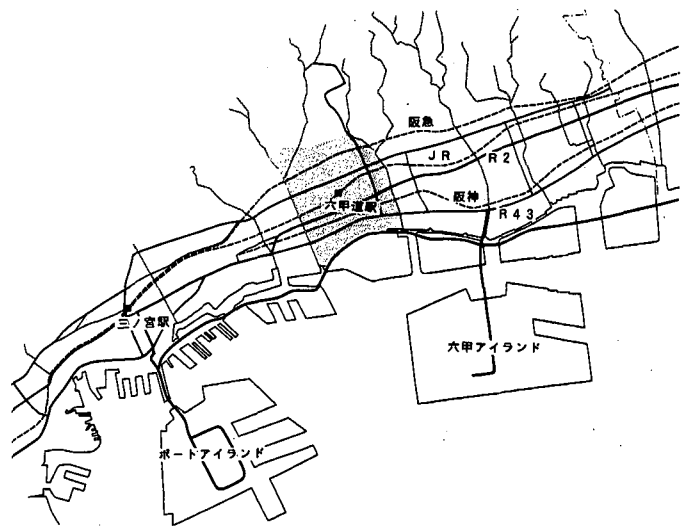
る。本研究は最終的にはこのような道路網の計画基準を提案することを目指すものであるが、本稿では、

その端緒として道路の閉塞状況と道路幅員等との関係を分析し、今後のまちづくりの基礎資料とすることを目的とする。

2. 研究の方法

(1) 調査対象地域

被災市街地のうち、特に被害が大きかった神戸市灘区の東部において、石屋川、都賀川、ハーバーハイウェー、および山麓線に囲まれた区域を対象とし、空中写真の判読によって、被災状況を分析した（図一1）。



図一1 調査対象地域

キーワード 防災計画、地区交通計画

*正会員 工博 立命館大学教授 理工学部環境システム工学科 0775-61-2735

**アジア航測株式会社 06-369-0556

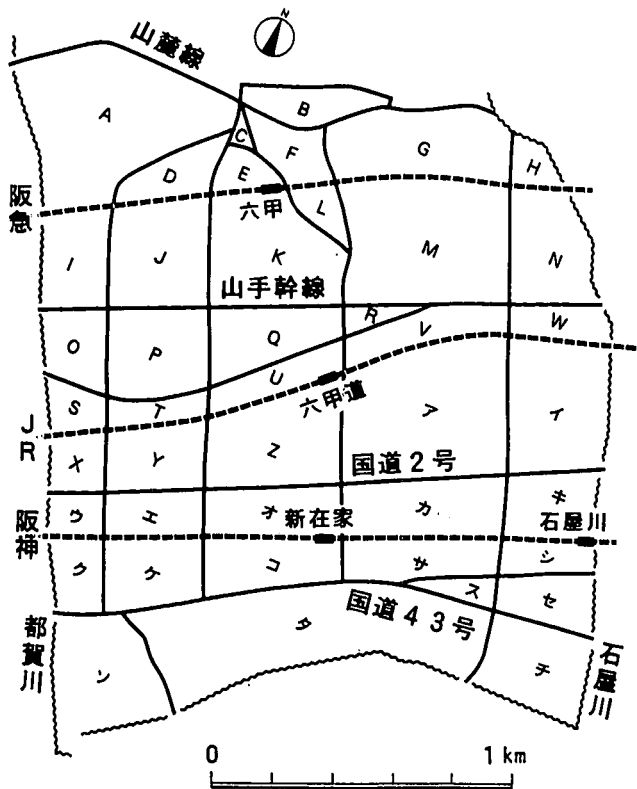


図-2 ゾーン分割

地区内の分析にあたっては、後述するように道路区間ごとに集計するとともに、当該地区を主要な道路、鉄道、河川によってゾーンに分割し（図-2に示す43ゾーン）、このゾーンごとに調査結果の集計を行った。

(2) 調査方法

空中写真判読には、1月18日～20日アジア航測撮影の写真を2,000分の1に拡大して用いた。また、図面は2,500分の1の地形図（平成2年・神戸市作成）を基図とした。

空中写真は、2枚の写真を実体視することにより、被災の状況を肉眼的に捉えることが可能である。すなわち、道路閉塞の原因となっている構造物等の種類を確認できるとともに、それらが路上を塞いでいる範囲をある程度捉えることも可能である。ただし、垂直方向から撮影した写真により判読するため、細街路の状況や、街路樹やアーケードで覆われている箇所については判読不可能であり、調査対象路線から除外した。

判読した内容は、以下に示す道路の被害状況及びその原因となっている構造物等の種類である。

- a) ほぼ平常通りの状態で車両の通行が可能
- b) 一部被害があるが、車両は通行可能
- c) 車両の通行は不可能だが、歩行者は通行可能
- d) 通行不能

a)は、通常の走行車線が確保されている場合であり、走行車線部分に障害物がみとめられる場合はb)とした。

なお、区間設定は各道路の交差点間（約100m）とし、集計単位とした。今回調査対象としたリンク数は、1082リンクである。

ただし主要な道路から順にネットワークに組み入れていったため、4m以上の道路は全て対象としているが、結果として4m未満の道路の一部は対象となっていない。

(3) 判読結果

上記の空中写真の判読より得られた道路被災状況結果は図-3に示すとおりである。

地区の主要な道路は、東西方向は北から山麓線、山手幹線、国道2号、国道43号の4路線、南北方向は、西から将軍通線、花園線、神戸六甲線、高羽線等がある。これら幅員16m以上の路線は一部被害はあるものの、車の通行は確保できている。しかし、これらの道路間に挟まれた市街地はかなり被害を受けており、道路の閉塞率が非常に高くなっている。

このような道路の閉塞状況に影響を与える要因としては、以下のようなものが考えられる。

- i) 地震動の強さ
- ii) 地盤の状態
- iii) 道路幅員
- iv) 沿道建物の構造および階数
- v) 歩道の有無
- vi) 街路樹の有無

本稿では、このうちiii)～vi)の4項目を取り上げて分析することとしたい。

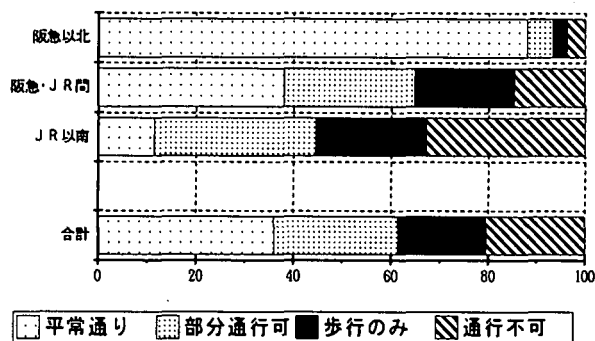
3. 道路幅員からみた道路の被害実態

(1) 道路の被害状況

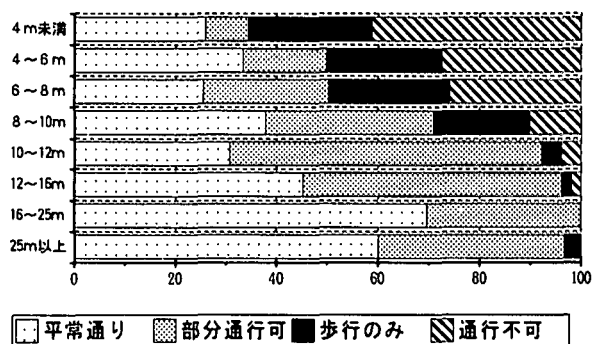
当該地区における道路の被害状況を地区全体について示すとともに、阪急神戸線以北、阪急神戸線とJR神戸線間、JR線以南の3地区に分けて示すと、



図-3 道路被災状況



図－４ ブロック別にみた道路被害状況

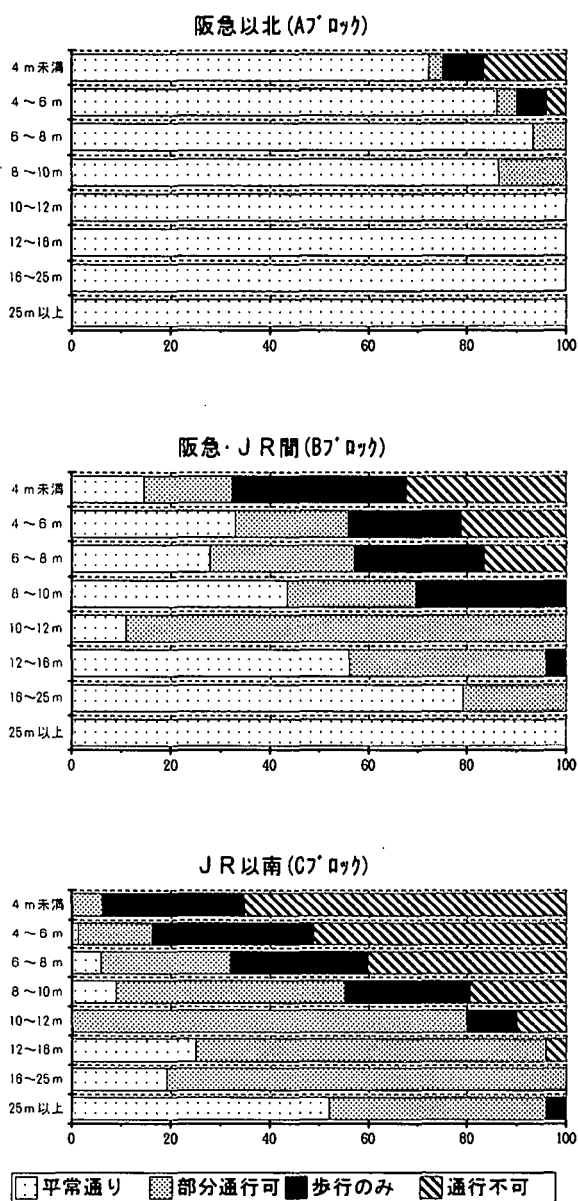


図－５ 幅員別にみた道路被害状況

図－４のようである。海岸に近い地区ほど被害が大きかったことがわかる。すなわち、阪急神戸線以北の地区では自動車が通行できなかった道路は１割未満であり、被害は比較的小さい。一方、阪急とＪＲ間の地区では、自動車が通行できた道路は約６５％であり、約１５％は全く通行不能であった。さらに、ＪＲ線以南の地区においては部分的ではあっても自動車が通行できる道路が半数以下であり、約３５％の道路が通行不能であったことがわかる。

(２) 幅員別にみた道路被災状況

道路の閉塞状況を全域において道路幅員別に整理すると図－５のようである。図－５から、８ｍ、１０ｍ、および１２ｍの幅員において、通行閉塞状況に大きな差が生じていることがわかる。すなわち、１２ｍ以上の道路においては、道路が部分的に被害を受けても、自動車の通行が不能になることはほとんどないようである。１０ｍ～１２ｍの道路の場合は自動車通行不可がやや存在する。幅員が１０ｍ未満（８～１０ｍ）となると、自動車通行不可が急増し、１／４程度となっている。したがって、幅員１０ｍは自動車の通行が部分的ではあっても可能であるか否かに大きく影響する幅員であると考えられる。さらに幅員が８ｍ未満になると、自動車通行不可がさらに急増して約５０％になるとともに、歩行もできない完全に閉塞された道路も増加し、３０％弱となる。このため、８ｍ未満の道路は、震災時の信頼性が大きく低下していたと言えよう。また、４ｍ～８ｍの道路には、通行状況に関



図－６ ブロック別・幅員別の道路被害状況

する差異はほとんど見られないことがわかる。なお、4 m未満の道路はすべてを対象としたわけではないが、歩行者も通行できない閉塞道路が非常に多いことがうかがえる。

以上より、幅員12m以上の道路は、通常の住居系地区の場合には、震災時においても十分に機能を果たしていると考えられ、10～12mの道路は信頼性がやや低下していると思われる。一方、8 m未満の道路は、震災時に閉塞している場合がかなり多いと思われる。

4. 歩道及び街路樹の有無からみた道路閉塞状況

前章で分析した道路閉塞状況を、各道路における歩道の有無と歩道部分の被害状況、および各歩道の街路樹の有無から分析した。歩道及び街路樹の有無は、2,500分の1の地形図上から読みとった。

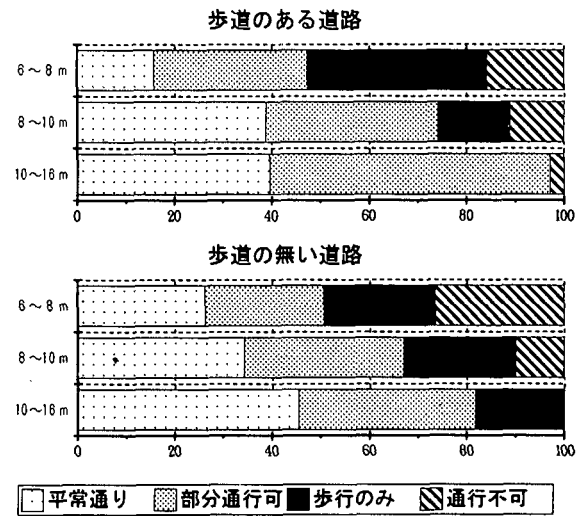
全体のリンクの中で、道路の両側あるいは片側に歩道があるものは、全体の約27%（298リンク）である。残り73%（784リンク）は歩道が無く、殆どは幅員8 m未満の道路である。幅員が8～10mでは、歩道のあるもの44%、無いもの56%でこの幅員で歩道の有無の分岐となり、10m以上は特殊な場合を除いては殆どが歩道を有している。

歩道の有無別の道路被災状況を、幅員6～8 m、8～10m、10～16mで比較してみる（図－7）。

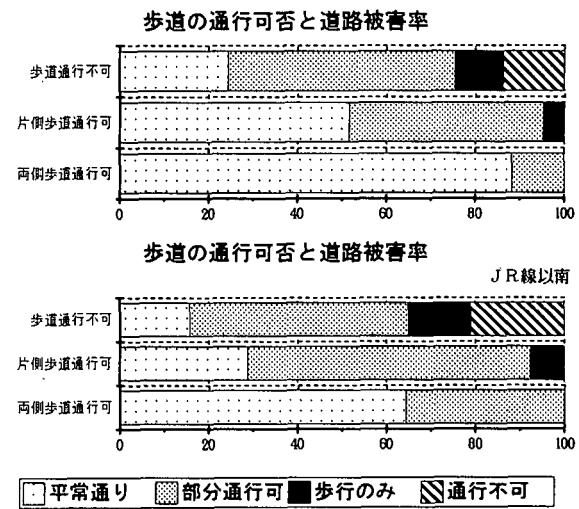
6～8 mの道路の場合には、幅員が狭いため、歩道の有無によって道路閉塞率に差が生じていない。しかし、8～10mおよび10～16mの道路の場合には、歩道を有する道路は歩道がない道路に比べて道路閉塞状況がやや軽減されていることがわかる。この傾向は、J R以南の被害が特に大きい地区において一層顕著になっている。

歩道部分の被害状況をみると、通行できた歩道は全体の50%（片側歩道：24%、両側歩道26%）であり、歩道として機能していなかった場合が少なくない。しかしながら、歩道が整備されていれば、その歩道自体は通行できなくても、車道部分を自動車が通行できた場合が約75%を占めている（図－8）。

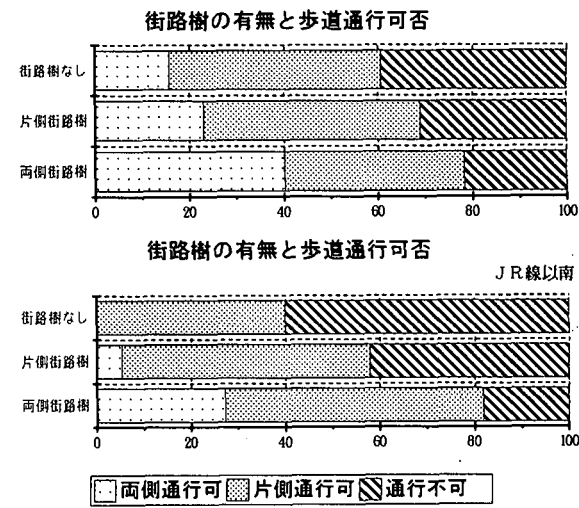
街路樹の有無と道路閉塞状況との関係を調べると、街路樹の無い歩道は約40%が歩道部分の通行が不可である（図－9）。



図－7 歩道の有無別にみた道路被害状況



図－8 歩道の通行可否別にみた道路被害状況



図－9 街路樹の有無別にみた歩道通行可否状況

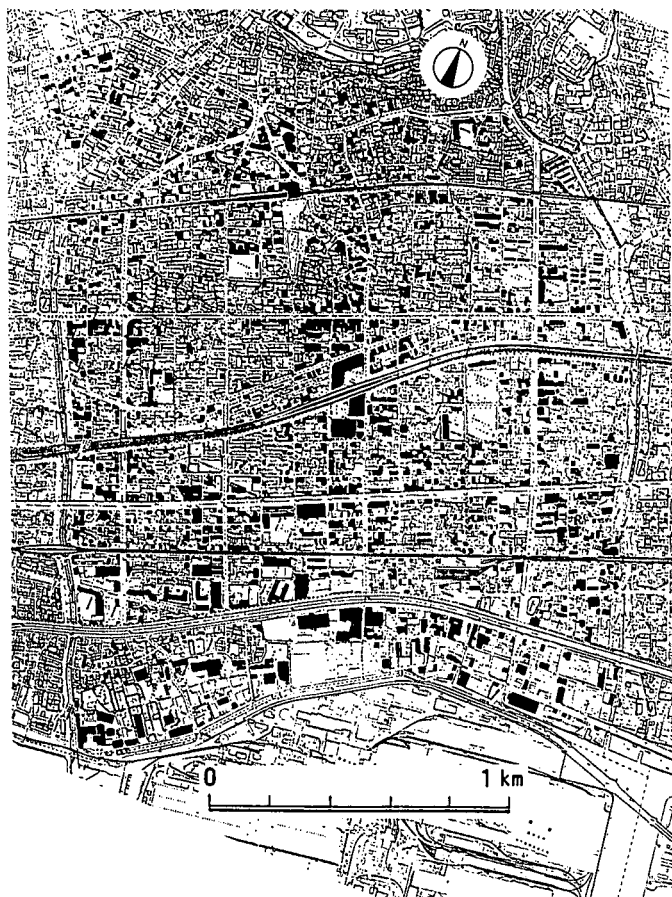


図-10 堅ろう建物分布

5. 建物の構造からみた道路閉塞状況

建物の構造による分析は、2,500分の1地形図上から堅ろう建物を図-10のように抽出し、各ゾーン内の堅ろう建物率を算出した。堅ろう建物とは、鉄筋コンクリートまたは鉄骨コンクリート等で建築されたもので、この図の場合は地上2階建て以上のものを対象としている。

各ゾーン内の堅ろう建物率と自動車の通行可能路線には一定の相関がみられる(図-11)。全体の散布図では、ドットの分布傾向はやや散在するものの、JR線を境に北側ゾーンと南側ゾーンに分けてみると、両者の関係が明確になり、堅ろう建物率の増加に伴って自動車通行可能な路線率が増加することがわかる。JR線以南では、JR線以北に比べて、同程度の堅ろう建物率であっても自動車通行可能率が小さくなっている。

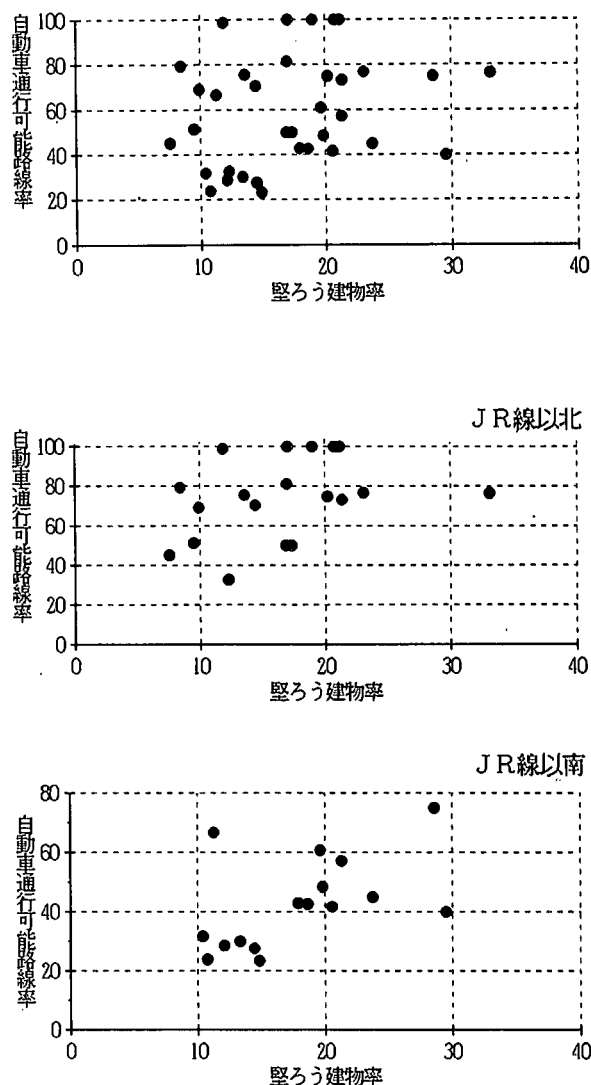


図-11 堅ろう建物と道路被害状況

6. 道路の閉塞に係わる原因

道路の閉塞原因については、被害が特に大きいJR線以南の区域において、「歩行のみ通行可」および「通行不可」のリンクからサンプリングを行って分析した(図-12)。

道路を塞ぐ最も顕著な原因は、崩壊した家屋であり、複数の家屋が崩壊していることによって道路が閉塞されているものが多いが、リンク内の1戸の家屋崩壊によるものも少なくない。特に複数の家屋が崩壊していることによって、道路が通行不可能となる。

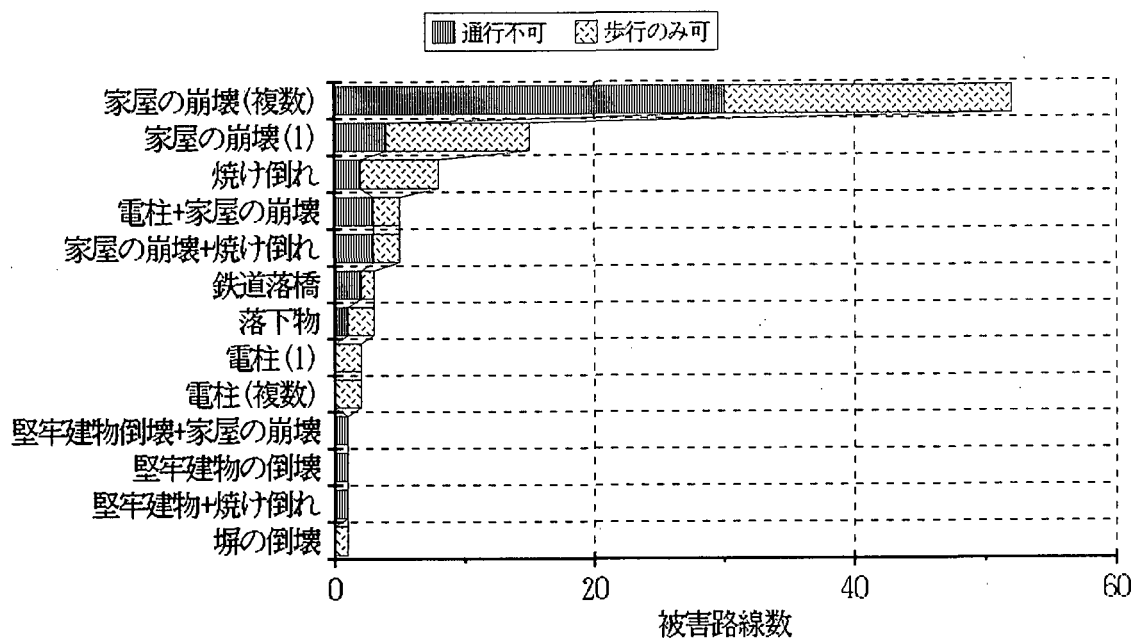


図-12 道路の閉塞原因

そのほか、電柱の倒壊、ビル等の建物の一部が落下して、自動車の通行を阻害する要因となっている場合もある。

7. まとめ

本研究の最終的な目的は、災害時にも自動車でアクセスできないエリアが生じない程度に道路網を整備する場合の整備基準を提案することであるが、本稿では、道路の閉塞状況と道路幅員、歩道・街路樹の有無、沿道建物構造との関係を分析し、具体的に以下のような成果を得た。

- 1) 道路幅員に関しては、幅員が12m以上の道路は、震災時においても十分に機能を果たしていると考えられ、10～12mの道路は信頼性がやや低下していたものの、かなりの機能を果たしていると思われる。したがって、地区の骨格となる道路は10～12m程度の幅員を有することが望ましいであろう。
- 2) 歩道の有無や街路樹の有無は道路の閉塞状況に影響を与えており、これらが存在することによって、道路の閉塞がやや和らげられたように思われる。
- 3) 建物構造も道路の閉塞状況に大きく影響しており、堅ろう建物率が増加すれば、道路閉塞率が低

下していることがわかる。

このような知見は、地区の骨格となる道路規格についてさらに検討する場合に重要な基礎データとなると考えられる。

最後に、本稿をまとめるにあたり種々のご協力をいただいた京都大学防災研究所横山康二氏、アジア航測斉藤敬三氏、分析作業にご協力頂いた西田実氏に謝意を表する次第である。

【参考文献】

- 1) 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. 5.
- 2) 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災直後の自動車流動状況，土木計画学研究・講演集，No. 18，1995. 12.

Analysis on Damage of Street Function in Hanshin - Awaji Earthquake Disaster Using Aerial Photographs

By Hiroshi Tsukaguchi, Tetuo Totani, Kiyoe Nakatsuji

A lot of streets in Hanshin Area, not only arterial streets but also local streets in the area, were damaged by Hanshin - Awaji Earthquake, which made much trouble in lifesaving and rescue activities. This study analyzes the damage of streets function in some residential area in Kobe City. This study describes the relation between damage of street function and several street characteristics such as street width , with or without sidewalks and street trees, and structure of buildings along streets, in order to consider the desirable streets which are effective even in large disasters.