

震災時の街路閉塞による避難迂回からみた街路網の安全性*

Safety of Road Network from the Viewpoint of Refuge
and Detour due to Blockaded Links in Earthquake Disaster*

青木英輔**、石田東生***、大野栄治***

By Eisuke AOKI**, Haruo ISHIDA*** and Eiji OHNO***

1. はじめに

平成7年1月17日の阪神・淡路大震災（以下、阪神大震災と呼ぶ）では、建築物や沿道施設の倒壊等によって多くの街路で閉塞が発生し、このことが住民の避難等に大きな影響を与えた。すなわち、避難の際に街路閉塞によって迂回を強いられ、また最悪の場合には避難地への代替経路が断たれている。

これに対し、家田ら²⁾、塚口ら³⁾、徳永ら⁴⁾は、阪神大震災時に撮影された航空写真の解析を通して、街路の閉塞状況について調査している。これらの研究では街路閉塞に影響を及ぼす要因として、家田らは沿道建築物の種別・被災度や用途地域などの地区特性に、徳永らは街路幅員に、塚口らは、街路幅員のほかに、歩道の有無、街路樹の有無などの沿道特性にそれぞれ着目し、それらの因果関係を検討している。

しかし、いずれの研究でも単一街路の通行可能性についての分析にとどまっており、計画者として避難対策を考える際には、単一街路の安全性のみならず、避難の代替経路を保証するネットワークとしての街路網の安全性を検討しなければならない。

そこで本研究では、震災時の避難という面からみた街路網の安全性を検討することを目的として、

- ①建築物や沿道施設の倒壊による街路及び交差点の閉塞状況を調査し、街路の幅員と閉塞状況との関係を明らかにする

- ②震災時の街路閉塞を想定した避難迂回に関するシミュレーションを行い、街路網の連結性および住民の避難行動における迂回度等を把握する

- ③同シミュレーションを用いた街路拡幅による安全性の感度分析を通して、効果的な拡幅方法を検討する

といったことを行う。なお、西宮市中心部を調査・分析対象地域とした。

2. 街路の幅員と閉塞状況との関係

西宮市中心部において、阪神大震災による街路の閉塞状況を調査した。調査対象地域は、JR神戸線以北の東西約3 km、南北約1.5 kmの地域であり、阪神大震災時には、震度7を記録するなど西宮市内でも揺れの激しかった地域である。地域内の主要な交通網としては、阪急電鉄神戸線、JR神戸線、国道171号線が整備されている。また、この地域の大部分は、耕地整理の準用によって区画整理がなされたところであり、その後震災を受けていないために、古い時代の区画が残っているところが多くなっている。

この調査対象地域に対し、平成7年1月18日に中日本航空株式会社によって撮影された被災地の航空写真（縮尺1/5,000）¹⁾を用いて、各交差点間のリンクについて閉塞状況を判読した。なお、街路の閉塞状況は、以下のような4段階で評価した。

- ①被災なし（平常通り車両通行可能）
- ②車両の通行が可能（一部被災あり）
- ③歩行者の通行のみが可能（車両による通行は不可）
- ④通行不可

以上の評価基準に基づく閉塞状況の調査結果を図-1に示す。まず、調査対象地域の街路網構成

* キーワード：防災計画、街路網計画、避難

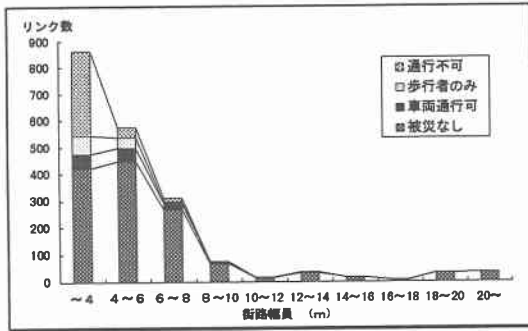
** 学生員、筑波大学大学院環境科学研究科

*** 正員、工博、筑波大学社会工学系

〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1

TEL 0298-53-5073 FAX 0298-55-3849

に着目すると、調査した1961リンクのうち、幅員4m未満のリンクが863リンク（全体の43%）、幅員4m以上6m未満のリンクが575リンク（同29%）となっており、狭幅員の街路の多い街路網構成となっている。この街路網の中で、阪神大震災によって通行障害の発生したリンクは、調査した1961リンクのうち625リンク（31.8%）である。これを街路幅員別にみると、通行不可となった375リンクのうち319リンク（85.1%）は街路幅員4m未満の非常に狭い街路となっている。このことは、震災時における狭幅員の街路の安全性の低さを表している。なお、広幅員の街路において閉塞が発生した箇所もあるが、これは名神高速道路の落橋による閉塞である。



図一 街路幅員別リンク被災状況

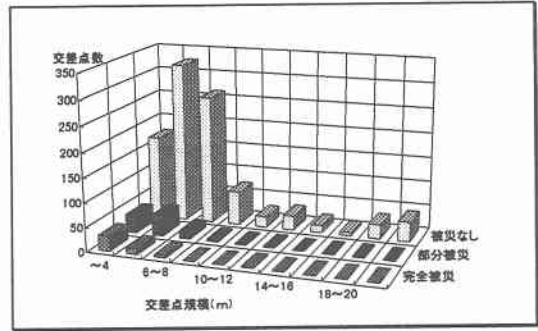
また、街路網の安全性を考えていく上で、交差点での被災は、街路の閉塞と同様に住民の避難に深刻な影響を及ぼすと考えられる。調査対象地域内の交差点における被災状況をまとめたのが、図一2である。ここでは、交差点の規模を交差する街路の最大幅員で捉えている。

なお、交差点の被災状況は、以下のような3段階で評価した。

- ①被災なし（平常通り車両も含めて通行可能）
- ②部分被災あり（交差する街路のうち少なくとも2方向に通行可能であるが、一部の方向で通行障害が生じているもの）
- ③完全被災（交差する街路の全方向において通行不可）

図一2をみると、小規模の交差点での被災が目立っており、交差する街路の最大幅員が4m未満

の交差点240箇所のうち約28%にあたる69箇所で通行障害が生じている。



図一2 交差点閉塞状況

3. 街路網の安全性の検討

(1) シミュレーションの方法

街路網の安全性を検討するために、街路閉塞を想定した場合の避難迂回に関するシミュレーションを行った。ここで、シミュレーションの簡単化のために、次のような仮定をおく。

- ①住民の避難時を想定して、街路網の移動主体は歩行者とする。
- ②避難は街路網上の各ノードから通行可能な最短経路を通して地区の外周道路へと行われる。
- ③交差点の被災については考慮しない。

以下にシミュレーションの手順を示す。

- 手順1) 平常時の街路網を設定する。
- 手順2) 震災時を想定し、対象地域の街路網の各リンクについて、幅員ごとの閉塞率（図一1における通行不可の割合）に基づき、疑似乱数を発生させて閉塞を判定する。
- 手順3) 閉塞したリンクを1)で作成した街路網から削除することで、震災時の街路網を構築する。
- 手順4) 各ノードから外周道路に至る最短経路を探索し、それを各ノードからの避難距離とする。
- 手順5) 手順4の結果より、各ノードから外周道路までの連結性（避難可能性）を判定するとともに、平常時に対する震災時の避難距離の迂回量や迂回度を算出する。

(2) 街路網の安全性の検討

分析対象の街路網は西宮市西部に位置する調査対象地域内の約0.5km²の部分であり、街路網構成は図-3に示すとおりである。この地域の震災前の土地利用としては、ほとんどが住宅地として利用されている。また、この地域は、土地の区画の比較的整理された地域であるが、ほぼ100mおきに4.5m程度の狭い街路が、東西方向、南北方向に整備されており、それ以上の幅員の街路は対象街路網の東端南北方向(23m)、西端南北方向(7m)、南端東西方向(6m)など極めて限られている。さらに、区画内の街路は、4.5m程度あるいはそれ以下の幅員となっており、袋小路も多く見受けられる。これは、先述したとおり、古い基盤整備のままの市街地であることによるものと考えられる。

次に、図-4に平常時、阪神大震災時、シミュレーション時(10回試行: 図中には判読上の理由で5回分のみを表示)のそれぞれにおいて各ノードからの避難距離を算出したものを示す。この図は、避難距離が短いノードから順に並べたものである。このとき、平常時と震災(シミュレーション)時のグラフ線の乖離の度合いが、発生した迂回距離である。また、震災時では平常時と異なってグラフ線が右端に達しておらず、これが避難不可能なノードの存在を示している。阪神大震災時における避難不可能なノード数は39である。

シミュレーションの結果、いずれの試行でも避難不可能ノードが出現しており、避難不可能となりやすい地区が存在していることが推察される。このような避難不可能ノードの多くは袋小路であり、多方向に避難できるノードと一方向しか避難できないノードと間で震災時における避難に対する安全性の違いが現れている。

なお、シミュレーションの妥当性について、その結果と阪神大震災時の避難距離とを比較してみると、前者は後者の上下に散らばっており、シミュレーションにおける震災時の想定が適当なものであることを示しているといえそうである。しかし、避難不可能ノードについてみてみると、いずれの場合のシミュレーションでも実際の阪神大震災時より少なくなっている。これは、分析対象の街路網が閉塞状況を調査した地域の中で比較的被

害の大きかったところであり、そのためシミュレーションにおける閉塞率の設定が過小になっていることによるものと考えられる。

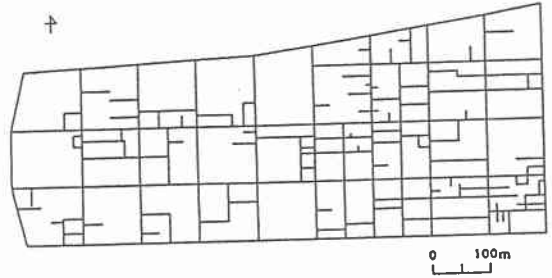


図-3 対象街路網図

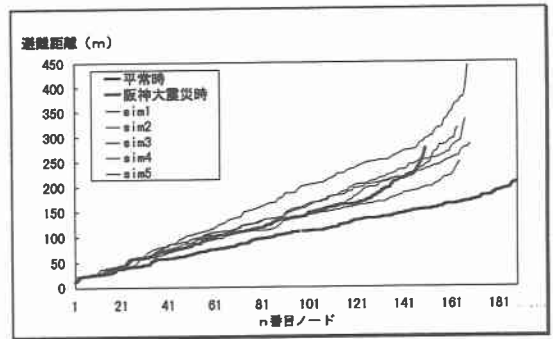


図-4 震災時における避難距離の変化

(3) 街路拡幅による安全性の感度分析

分析対象の街路網において、

①全ての街路を1m拡幅した場合

②幅員4m未満の街路を4mに拡幅した場合

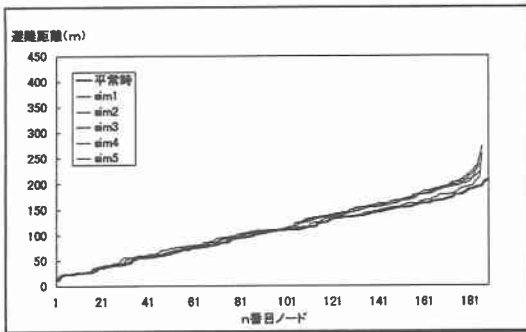
を想定し、それぞれについて避難不可能ノード数の変化および各ノードからの避難距離の変化を平常時、阪神大震災時、未改良時とで比較した。その結果を表-1に示す。これより、街路の拡幅によって避難不可能ノード数の削減や迂回距離の減少といった効果がみられ、安全性の向上が図られることがわかる。また、全ての街路の1m拡幅と幅員4m未満の街路の4mへの拡幅とでは、全体の街路拡幅面積はほとんど変わらないが、避難不可能ノードの出現度合いが大きく異なっており、狭幅員の街路の集中的な拡幅が均一な拡幅よりも街

路網の安全性の向上に効果的であることがわかる。

ここで、図一五に幅員4m未満の街路を4mに拡幅した場合のシミュレーション結果をグラフに示す(10回試行: 図中には5回分のみを表示)。図一五では平常時とシミュレーション時でのグラフ線の乖離が目立ち、また避難不可能ノードの存在が多くみられたが、図一五では、それらが改善されている様子がよくわかる。

表一 街路の拡幅効果

	平均避難不可能ノード数	避難可能ノード* 平均迂回度
平常時	0	1
阪神大震災時	39	1.16
未改良時	20.7	1.45
1m拡幅	13.5	1.18
4m未満拡幅	3.2	1.09



図一五 幅員4m未満の街路の拡幅効果

4. おわりに

以上の検討で明らかになったことをまとめると次のとおりである。まず、航空写真による街路閉塞状況を調査した結果、

- ①幅員4m未満の街路では非常に閉塞率が高い
- ②街路幅員が10mを超えると歩行者の通行にはほぼ支障がなくなる

③街路幅員が14mを超えると車両の通行にもほぼ支障がなくなる
ということがわかった。また、シミュレーションを行った結果、

- ①調査対象地域においては阪神大震災と同等の震災によって多くの避難不可能なノードが出現する
- ②街路拡幅による安全性の感度分析において安全な街路網の整備には狭幅員街路の重点的拡幅が効果的である
ということがわかった。一方で、今後の課題としては、

- ①街路閉塞の要因として街路幅員以外に、沿道の土地利用、建物構造、面整備状況なども検討する
- ②避難地の配置も考慮したシミュレーションの方法を検討する
- ③街路網の総合的な安全性の評価に向けて救援・復旧活動における車両の通行可能性からみた街路網の安全性を検討する
などが考えられる。

参考資料

- 1) 中日本航空(株):平成7年兵庫県南部地震,1995
- 2) 家田仁、上西周子、猪俣隆行、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 No.18, pp.847-850,1995
- 3) 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,pp.701-708,1996
- 4) 徳永幸久、武政功、細見隆:市街地特性と被害状況に関する基礎的分析、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集,pp.761-766,1996