

震災による道路網容量の減少と新規路線の整備効果*

Reduction of Road Network Capacity due to the Great Hanshin-Awaji Earthquake
and Effects of Construction of New Roads *

谷口栄一**・則武通彦***・山田忠史****・国分 潔****

By Eiichi TANIGUCHI, Michihiko NORITAKE, Tadashi YAMADA and Kiyoshi KOKUBU

In and around the Hanshin district, road network as well as other transportation facilities was seriously damaged by the Great Hanshin-Awaji Earthquake. This study aims at clarifying the change in the traffic capacity of road network before and after the Earthquake, and examining the effective road construction by calculating the capacity of road network. As a result of this analysis, the following useful findings are obtained: 1) The function of road network was greatly deteriorated by the Earthquake. The capacity of road network after the Earthquake was reduced to one-third compared with before the Earthquake. 2) Road construction will be effective to increase the overall capacity of road network if a new route is appropriately selected in order to smooth the traffic flow in the direction from east to west in Nishinomiya City.

*Key Words: capacity of road network, effective construction of roads,
decrease in traffic capacity by earthquake*

1. はじめに

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震は、都市の主要なインフラである交通施設に甚大な被害をもたらした。道路網においても、地震による被害は深刻であった。各所で道路が分断されて、多数の不通行区間や規制区間が生じたために、阪神地域の道路網機能は大幅に低下することになった。

本研究では、兵庫県南部地震による道路網機能の低下を、地震発生前後の道路網容量を比較することにより定量的に把握する。さらに、地震発生後の道路網を基本パターンとして、今後、道路網容量を増

*キーワード：道路網容量、路線整備、震災

**正員、工博、京都大学大学院工学研究科土木工学専攻助教授
(〒606-01 京都市左京区吉田本町 TEL:075-753-5125, FAX:075-753-5907,
E-MAIL taniguchi@tranfac.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

***正員、工博、関西大学工学部土木工学科教授
(〒564 大阪府吹田市山手町 3-3-35, TEL/FAX 06-368-0905)

****正員、工修、関西大学工学部土木工学科助手
(TEL/FAX 06-368-0964, E-MAIL tyamada@ipcku.kansai-u.ac.jp)

*****学生員、関西大学大学院博士前期課程土木工学専攻
(TEL/FAX 06-368-0964, E-MAIL gj7m767@ipcku.kansai-u.ac.jp)

強する上で効果的な路線整備に関してケーススタディを行う。具体的には、地震発生後の道路網に、将来的に計画・整備されることが予想される新規路線を付加して道路網容量を算定する。そして、路線の付加前後の道路網容量を比較することによって、その整備効果が計測される。

2. 道路網容量の算出法

道路網容量とは、交通需要のODパターンとリンクの物理容量が所与の場合に、道路網全体が処理し得る最大交通量（フローの最大値）のことである¹⁾²⁾。したがって、道路網容量の算定値は、対象道路網がどの程度の交通需要まで機能を維持しうるかを表す。ただし、ここで取り扱うリンク容量は、交通流が停滞を起さずに円滑な走行状態を維持できる最大交通量のことを指す。

本研究では、道路網容量の算出法として、配分シミュレーションによる方法を用いる¹⁾²⁾。この方法は、分割配分法による交通量配分の過程を利用するもの

である。配分交通量を漸次増加させながら、容量が超過するリンクを切断し、切断リンクが連なりネットワークが二分されるまで交通量配分を行う。この時の分割線が最小容量断面（最小カット）であり、累加フローが道路網容量に相当する。計算上では、リンク走行時間を無限大とすることで、切断されたリンクを表現する。したがって、カットセットが形成された時点で、無限大の所要時間を有する OD 交通量が現れる。

図-1 は、道路網容量の具体的な計算手順を示したものである。初めに、対象地域内の総トリップ数 X を分割数 N で除して、増分総トリップ数 ΔX を求める。次に、増分総トリップ数 ΔX と単位 OD 交通量を用いて増分 OD 表を作成する。1 回目の増分 OD 交通量を配分した時点をも、 $m = 1$ とする。

m 回目以降の増分 OD 交通量を配分する際には、予め各リンクの走行時間を更新しておき、配分交通量が容量に達したリンクの走行時間を無限大とする。各 OD 間の時間最短経路を探索したときに、すべての OD 間で所要時間が有限の経路が存在しておれば、増分 OD 交通量の配分を継続し、 $m = m + 1$ として、上述の操作を繰り返す。所要時間が有限な経路のない OD が存在する場合には、それまでの増分総トリップ数の累積を道路網容量として計算を終了する。ただし、本研究では、時間最短経路の探索において、経路上に有料道路のリンクが含まれる場合には、所要時間に加えて料金抵抗も考慮している。

3. 対象道路網の概要

図-2 は、本研究で計算対象とする道路網を示したものである。対象地域は、主たる被災地である神戸市を中心に、西は姫路市・夢前町、北を市川町・加西市・社町・三田市・能勢町、東を茨木市・摂津市に囲まれている。また、道路網は、この地域内に含まれる国幹道、都市内高速道路、一般有料道路、国道、主要地方道から構成されている。

地震発生後（平成7年5月10日時点）の道路網については、図-2 に示される道路網を基本として、不通リンクや規制リンクを考慮したものを用いることとする。図-2 には、整備効果を検討するために取り上げた新規路線も含まれている。なお、新規路

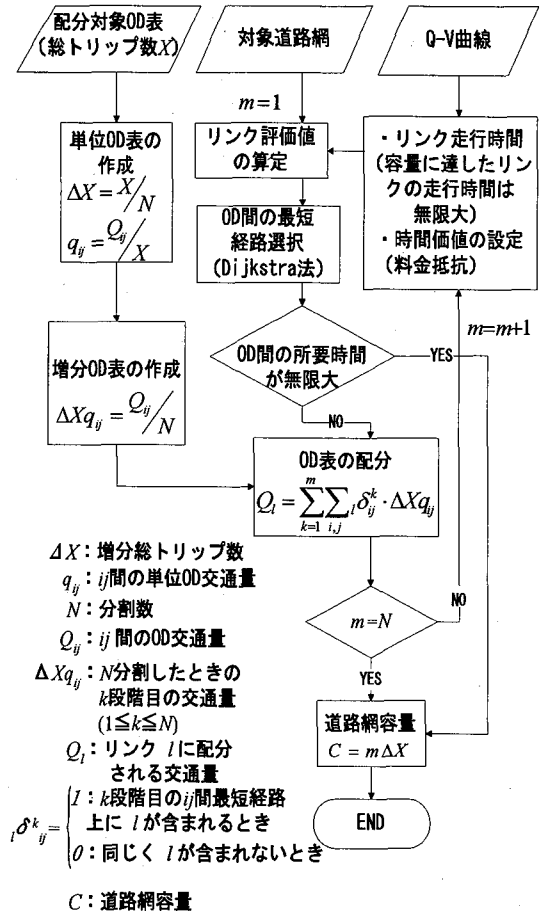


図-1 道路網容量計算フロー

線の選定に際しては、兵庫県により構想された 6-6 軸³⁾などを参考にしている。本研究で分析対象とする新規路線の路線名と整備区間は、表-1 に示される。

4. 計算ケースの設定

表-2 には、道路網容量が計算される各ケースを示している。Case1 では、地震発生前の道路網容量を求める。したがって、対象道路網は、図-2 に示される道路網から新規路線を除いたものになる。Case 2 では、地震発生後、約 4 ヶ月が経過した時点の道路網について、道路網容量を求める。地震発生後の道路網は、図-2 に示される道路網から、不通とな



図-2 兵庫県南部の道路網（評価対象とされる道路網）

表-1 新規路線と整備区間

路線名	整備区間
山手幹線延伸部	武庫之荘7丁目交差点～上宮川橋交差点
名神湾岸連絡線	西宮インターチェンジ～甲子園浜インターチェンジ
阪神間南北線	宝塚インターチェンジ～尼崎末広出入口 (阪神高速5号湾岸線)
山麓バイパス延伸部	山麓バイパス出口～金井町交差点付近
阪神高速5号湾岸線延伸部	六甲アイランド北出入口～神戸市垂水区 下畑交差点

っているリンク（国道171号、札場筋線、阪神高速3号神戸線、阪神高速5号湾岸線、港湾幹線道路（ハーバーハイウェイ））を除いたものである。さらに、地震発生後の道路網においては、通行規制が敷かれているリンク（阪神高速3号神戸線、阪神高速5号湾岸線、阪神高速7号北神戸線、神戸中央線、第二神明道路、国道2号、国道43号、打出浜線）のリンク容量の低下を考慮する。表-2に示されるCase1とCase2の道路網容量を比較することによって、兵庫県南部地震による対象道路網の機能の低下が把握される。ただし、Case1とCase2で用いられるODパターンは、それぞれの計算対象時点でのものであり、同一ではない。

Case3～Case7では、表-1に示される各新規路線を地震発生後（Case2）の道路網に加えた後に、道路

表-2 計算ケースの概要

Case	計算対象となる道路網	備考
1	震災前（平成2年10月4日）	
2	地震発生後（平成7年5月10日）	
3	Case2+山手幹線延伸部	
4	Case2+名神湾岸連絡線	
5	Case2+阪神間南北線	
6	Case2+山麓バイパス延伸部	山麓バイパスと連絡する阪神間南北線、西宮北有料道路、東神戸（トンネル）線を含む
7	Case2+阪神高速5号湾岸線延伸部	六甲アイランド大橋は通行可能とする
8	Case3+Case4	
9	Case4+Case7	Case7と同じ条件
10	Case3～Case7	Case7と同じ条件

網容量が求められる。各路線が整備される位置は、図-3の地図上に示されている。

表-2から明らかなように、Case3～Case7の各ケースでは、地震発生後（平成7年5月10日）の道路網に、それぞれ異なる路線が付加されている。ここで取り上げられた路線は、後述するCase2の計算終了時点において、カットセットの形成によりゾーン68が孤立することを考慮したものである。すなわち、これらの路線は、ゾーン68およびその周辺を通過する交通流の円滑化に寄与することが期待される路線

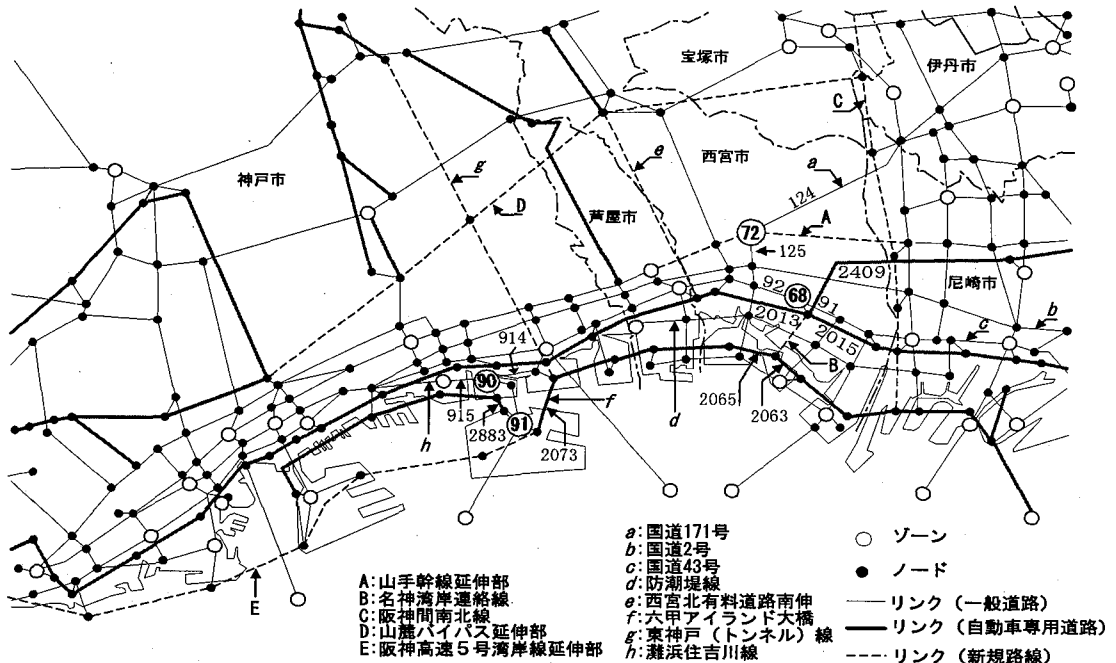


図-3 阪神地域の道路網 (対象道路網の一部)

である。なお、付加された新規路線については、震災による容量低下や整備後のODパターンの変化については考慮しないこととする。

次に、Case8~Case10は、Case3~Case7に示される新規路線を組み合わせる整備した場合である。これらのケースは、Case3~Case7で得られた結果を基にして、道路網容量の増強に顕著な効果が見られた山手幹線延伸部と名神湾岸連絡線を軸にして、設定されたものである。Case8~Case10について分析することによって、複数の路線を整備することによる効果を把握できる。

5. 道路網容量による道路網機能の評価

(1) 地震による道路網機能の低下

表-3は、道路網容量の算出結果を各Case毎に示したものである。地震前後の道路網容量を比較すると、地震発生後(Case2)の道路網容量は震災前(Case1)の約3分の1にまで落ち込み、大幅に低下していることが確認される。交通需要の処理能力についても、震災前は交通需要全体の約6割に達し

表-3 各ケースにおける道路網容量

Case	道路網容量 (万台/日)	Case1の道路網容量 に対する比率 (%)	道路網容量/ 道路網全体の 交通需要 (%)
1	240.0	100.0	58.3
2	80.4	33.5	21.5
3	108.5	45.2	29.0
4	134.7	56.1	36.0
5	80.4	33.5	21.5
6	87.9	36.6	23.5
7	86.1	35.9	23.0
8	153.4	63.9	41.0
9	125.3	52.2	33.5
10	153.4	63.9	41.0

ているのに対し、地震発生後は交通需要全体のわずかに2割程度を占めるに過ぎない。この結果から、地震発生後の道路網機能は、約4ヶ月を経過した時点においてもなお、著しく低下していたものと考えられる。

次に、計算終了時点で形成されているカットセットについて言及する。地震発生前は、図-3上のゾ

ーン 72 (西宮市 2 区) が孤立し、地震発生後はゾーン 68 (西宮市 1 区) が孤立した。震災前は、リンク 124・125 (国道 171 号) が容量を超過することによりカットセットが構成される。他方、地震発生後は、リンク 2013・2015 (阪神高速 3 号神戸線) が不通であり、かつ、リンク 91・92 (国道 43 号) とリンク 2409 (名神高速道路) が容量を超過するために、カットセットが形成される。したがって、阪神高速 3 号神戸線が不通であること、国道 43 号が通行規制のために容量低下を招いたことが、地震発生後に道路網容量が低下したことの直接的な原因になっていると考えられる。

(2) 新規路線を単独に整備した場合の効果

表-3 に示される Case3~Case7 の道路網容量の算出結果から、地震発生後、約 4 ヶ月が経過した時点の道路網において、容量増強の面で効果が最も大きいのは Case4、すなわち、名神湾岸連絡線を整備した場合である。また、山手幹線延伸部を整備した場合 (Case3) も、道路網容量の増加に関して効果が顕著であった。そして、他のケースについては、整備効果がほとんど見られない。

次に、これらのケースにおいては、すべて Case2 の場合と同様に、ゾーン 68 の孤立が原因で道路網容量の計算が終了する。しかし、形成されるカットセットは、Case4 のみ Case2 と異なる。Case4 でカットセットを構成するリンクは、Case2 でカットセットを構成するリンクの他に、リンク 2063・2065 (阪神高速 5 号湾岸線) が新たに加わる。

上述の結果を踏まえて、以下では、道路網容量の増強面で顕著な効果の見られた、山手幹線延伸部 (Case3) と名神湾岸連絡線 (Case4) の計算結果について詳細に分析する。

Case3 で大きな整備効果が得られた理由は、山手幹線延伸部がゾーン 68 付近の交通流を処理する路線の中心になるためと考えられる。Case2 において、ゾーン 68 付近の東西の交通流を処理する路線は、国道 43 号、国道 2 号、防潮堤線、阪神高速 5 号湾岸線であり、そのうち国道 43 号が最も大きな交通容量を有していた。しかし、これらの路線は被災したために、震災前の容量に達していない。したがって、Case3 では、山手幹線延伸部が最も大きな容量

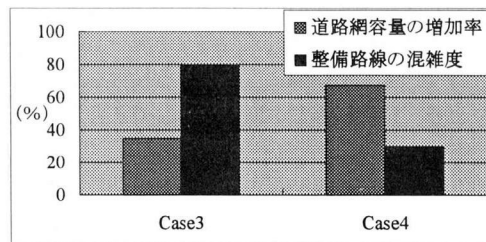


図-4 道路網容量の増加率と新規路線の混雑度

を有することになる。そのため、山手幹線延伸部が国道 43 号の負担を軽減させるので、道路網容量が増加する。

次に、Case4 で大きな整備効果が見られた理由は、名神湾岸連絡線がゾーン 68 に直結しており、ゾーン 68 の発生・集中交通量や通過交通を処理するリンク 91・92 (国道 43 号) とリンク 2409 (名神高速道) の負担を軽減するためであると考えられる。すなわち、名神湾岸連絡線は、国道 43 号を利用する交通流を阪神高速 5 号湾岸線へと転換させる役割を果たす。このことは、計算終了時点において、リンク 2063・2065 (阪神高速 5 号湾岸線) の交通量が容量に達して、カットセットが構成されることから裏付けられる。名神湾岸連絡線の整備効果は、リンク 2063・2065 が飽和する時点で発揮されなくなることは明らかであり、それゆえ阪神高速 5 号湾岸線の交通量に強く依存することになる。

図-4 は、Case3 と Case4 について、計算終了時点を対象として、新規に整備された路線上の交通量が交通容量に占める割合、すなわち、路線の混雑度を示したものである。ただし、Case3 では、山手幹線延伸部が 3 本のリンクから構成されているので、交通量と交通容量には各リンクの平均値を用いている。同時に図-4 には、Case2 の道路網容量に対する両ケースの道路網容量の増加率も示されている。この図から、Case3 と Case4 では、整備効果が生ずる要因に相違があると推測される。なぜなら、山手幹線延伸部は、利用交通量が多いことによって道路網容量が増加しているのに対し、名神湾岸連絡線は利用量がさほど多くないにもかかわらず、道路網容量が増加している。したがって、Case3 では山手幹線延伸部が国道 43 号の代替路となることにより道

路網容量が増加するのに対し、Case4 では、名神湾岸連絡線が阪神地域の東西の交通流を国道 43 号と阪神高速 5 号湾岸線に振り分ける役割を果たすことにより、道路網容量が増加するものと考えられる。

(3) 複数の新規路線を整備した場合の効果

Case8~Case10 を比較することにより、前節の分析で整備効果の大きかった山手幹線延伸部と名神湾岸連絡線を軸として、複数の路線を同時に整備した場合の効果を検討することができる。表-3 より、これら 3 ケースの中で道路網容量の増強に最も大きな効果が得られたのは、山手幹線延伸部と名神湾岸連絡線を同時に整備した場合 (Case8) と、Case3~Case7 に対応する新規路線をすべて整備した場合 (Case10) であった。

山手幹線延伸部と名神湾岸連絡線を整備した場合 (Case8) には、Case3~Case10 の中で最大の整備効果が得られた。また、カットセットの形成による孤立ゾーンが、ゾーン 90・91 の 2カ所が変わった。これは、山手幹線延伸部と名神湾岸連絡線を同時に整備することによって、ゾーン 68 付近の走行環境が改善されたことを意味する。ゾーン 90・91 を孤立させるカットセットは、容量超過リンク 914・915 (灘浜住吉川線) と不通リンク 2073 (阪神高速 5 号湾岸線上の六甲アイランド大橋)・2883 (港湾幹線道路) から構成される。計算対象時点でリンク 914・915 が通行規制を受けていないことを考慮すると、リンク 2073・2883 が震災により不通になったことが、ゾーン 90・91 が孤立する主たる要因であると考えられる。

複数の路線を整備するケースの中には、整備効果が、単一の路線を整備するケースを下回るものも見られた。例えば、名神湾岸連絡線と阪神高速 5 号湾岸線延伸部を整備した場合 (Case9) の道路網容量は、名神湾岸連絡線を単独整備したもの (Case4) を下回った。これは、六甲アイランド大橋以西の阪神高速 5 号湾岸線を整備することによって、既存の阪神高速 5 号湾岸線の利用率が上昇し、結果としてリンク 2063・2065 が早期に飽和するためである。したがって、名神湾岸連絡線が阪神高速 5 号湾岸線への連絡機能を十分に果たすことができなくなった。

本論文で取り上げられた、新規路線をすべて整備

した場合 (Case10) の道路網容量は、Case9 で得られた値と同じであった。しかし、Case10 での孤立ゾーンは、ゾーン 90・91 ではなく、ゾーン 68 であった。この結果は、ここで分析対象とされた全路線を整備しただけでは、地震発生後の西宮市付近の東西交通流を円滑に捌ききれないことを示すとともに、複数の路線を整備することによる効果が、単に路線の数のみに依存するわけではないことを示唆している。

6. おわりに

本研究では、震災による道路網機能の低下と将来の新規路線の整備効果を、道路網容量を用いて定量的に推定・評価した。その結果、地震発生後約 4 ヶ月が経過してもなお、兵庫県南部の道路網では、交通需要の円滑な処理能力が著しく低下していると共に、西宮市内の国道 43 号付近が隘路となっていることが確認された。また、新規路線の整備効果を道路網容量増強の面から検討した結果、隘路部の交通流を直接分担する路線や、隘路部の交通流を他の路線へ転換させる路線の整備効果が大きいことも明らかになった。

新規路線を整備することによって道路網容量を増強する場合、単に複数の路線を同時に建設するだけでは大した効果が得られないばかりか、複数の路線整備が単独で路線を建設した場合の効果を下回ることがある。したがって、整備される路線が担う役割に留意して、路線選定を行うべきである。

本研究を進めるにあたり、「土木計画学研究委員会 阪神・淡路大震災調査特別小委員会 道路交通分科会」の各委員、および (株) 都市交通計画研究所より貴重な助言や資料を頂いた。ここに記して、感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 飯田恭敬, 佐佐木綱: 交通工学, 国民科学社, pp.171-178, 1992.
- 2) 土木学会 土木計画学研究委員会: 交通ネットワークの分析と計画—最新の理論と応用—, 第 18 回土木計画学講習会テキスト, pp.126-138, 1987.
- 3) 小河保之, 岡田淳: 兵庫県の被災状況と復旧・復興への取り組み, 道路, 652 号, pp.18-21, 1995.