

震災後の交通システム機能障害

—需要と供給のミスマッチ—

Functional Damages of Transport System after the Hyogo-ken Nanbu Earthquake

—Mismatch between Demand and Supply—

正会員 工博 神戸大学講師 工学部建設学科 **富田 安夫** Yasuo TOMITA

フェロー会員 工博 名古屋大学教授 工学研究科地圏環境工学専攻 **林 良嗣** Yoshitsugu HAYASHI

はじめに

兵庫県南部地震により、生活・生産の態様が一瞬にして変質し、交通システムへの需要が質的にも量的にもドラスティックに変化した。たとえば、上水道が破壊されたために飲料水の供給が断れたり、また自宅でガスや電気を用いて食事を作ることができなくなったために、水や食料を他地域から大量にしかも短時間に搬入しなければならないという、交通システムに対して平常時とは異なる全く新しい需要が発生した。そして事実、地震直後から著しい数の車が短時間の間に域外から流入した。

このように、交通の需要サイドにおける急激かつ大規模な変化の一方で、交通システム自身が寸断され、交通の供給もその容量が不連続かつ大幅に縮小された。これら需要サイド・供給サイドのミスマッチの結果が交通麻痺である。

本稿は、震災直後からの交通機能の変化を捉えるために、各避難所、長田区役所、神戸市役所の各局、県庁、県警などへのヒアリング等をもとに、交通システムに関する需要および供給の両側面からみた震災被害の分析し報告するものである。

交通機能障害のメカニズム

今回の地震発生後の交通の混乱は、急増した交通システムへの需要と、急減した供給との著しい

ミスマッチとして捉えると理解しやすい。図-1は、交通システムの需要項目とその発生要因、供給項目とその阻害要因の主なものを挙げ、それらの関係を示したものである。

需要サイドとしては、まず、地震直後には負傷者の救援や避難のための交通が発生し、やがて避難所への物資供給・ボランティア活動などの交通も増加していった。さらには、復旧・復興活動や買い出し・通勤などの交通も加わり、一層大きな交通需要として膨れ上がった。一方、供給サイドは、幹線道路は高架道路の倒壊や信号機の故障などにより、細街路は建物倒壊や電柱の転倒などによって、交通機能を大きく低下させた。このような需給ギャップの結果が、交通遮断や麻痺という状態であり、これによって救援・救助・復旧活動が妨げられ、さらに、これが需要発生および供給阻害を助長させる結果となった。

ところで、地震による破壊によって、これら需要と供給の変化のモニタリングが困難となり、責任官公庁部局は、マスコミの報道を通しての情報に頼る部分が大きかった。どこで、インフラが崩壊し、供給容量が急減しているか、また、どこでいかなる緊急の交通需要が発生しているかを、当初は全くといってよいほど把握できなかった。そのため、どこまで一般車等の交通を規制すべきかの判断もできない状況にあったと言えよう。リアルタイムのモニタリングシステムとしては、日本

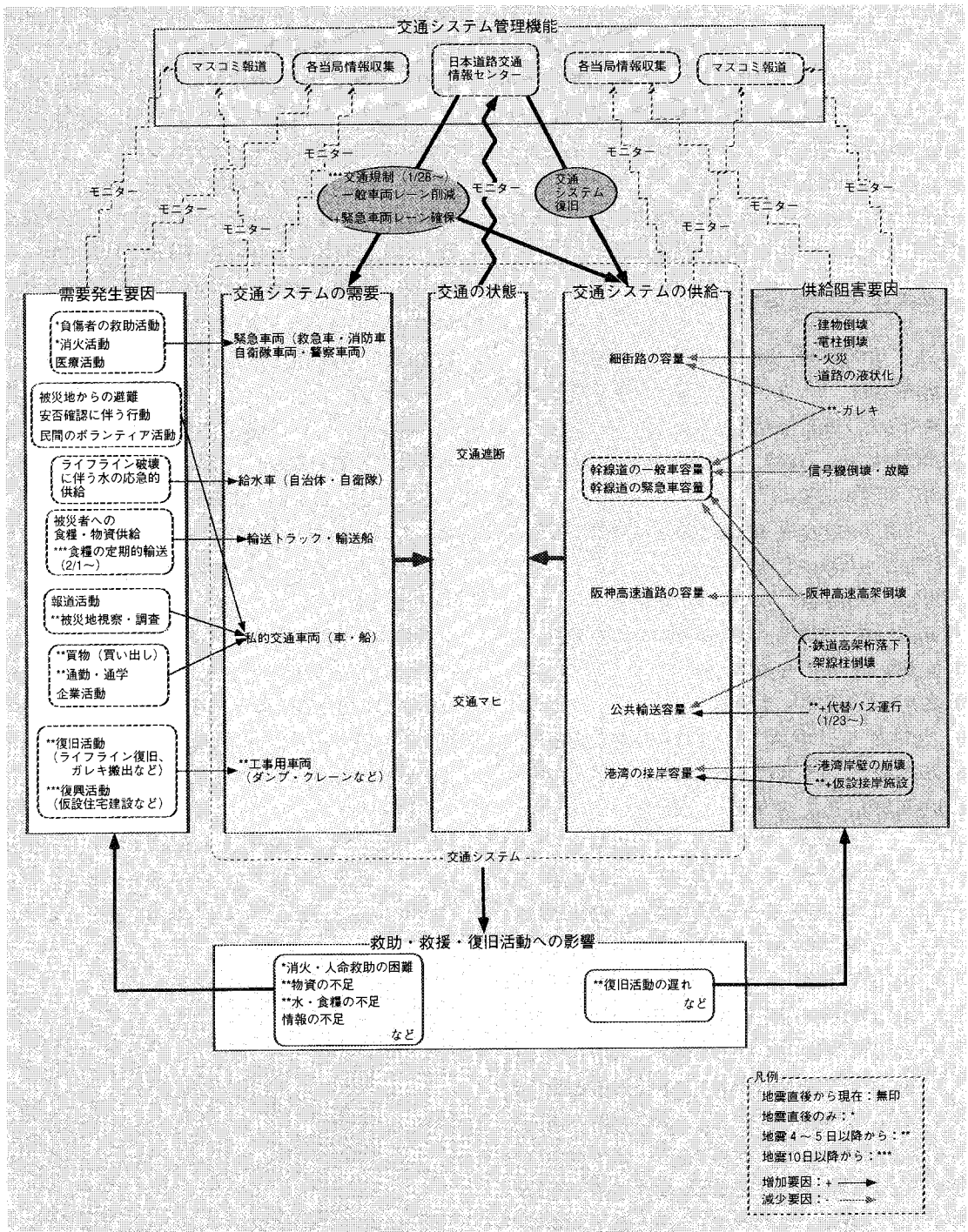


図-1 交通システムの機能障害メカニズム

道路交通情報センターがどこで渋滞しているかを把握しているのみであった。したがって、交通システムにとっては、結果としての交通渋滞をモニターするのではなく、その根本原因である需要と供給の変動を常時モニターするシステムを持っている必要性が明らかになった。

以下では、これらそれぞれの要素がどのように作用したのかについて考察を加える。

交通システムの需要サイド

(1) 地震直後における特異な交通需要

地震直後には、以下に示すような平常時とは全く異なった交通需要が発生した。

- ①建物倒壊による被災者の救助活動や、発生した火災の消火活動に伴う交通
- ②ライフラインや交通施設の被害に対する応急措置を行うための交通
- ③緊急時の業務遂行のための出勤交通
- ④親戚・知人の救援・安否確認のための交通
- ⑤救援物資輸送のための交通
- ⑥被災地から避難する交通

これらの交通需要は、いずれも地震直後から大量に発生し、しかも被災地全域にわたって広域的に同時に発生した。これらの交通は、いずれも個人にとっては重要なものであったであろう。しかし、地震直後にあっては、①、②、③の交通に比べ、④、⑤、⑥の交通の緊急性は低いと思われる。また、これらの交通の中には、その需要を減らすことができたであろう交通もある。たとえば、親戚・知人の救援・安否確認のための交通は、電話の通信容量が不足しなければ発生しなかった交通である。また、数日間の水・食料等の備蓄ができておれば、交通の状況によっては数日間の救援物資輸送を控えることが可能であり、水・食料等が供給されないために被災地外へ避難する交通量のいくらかは抑制できたであろう（なお、地震後における交通規制実施の困難さ、地震後の交通のいずれもが緊急性を有していたことなどについては中川論文¹⁾において詳しく論じられている）。

ここでは、こうした交通需要特性がどのような

混乱をもたらしたかについて、救援物資輸送交通を取り上げ、物資の搬入状況と、交通システムが遮断された中で物資輸送がどのような方法によってなされたかについて、神戸市役所、長田区役所でのヒアリングを交えて報告する。

(2) 食料・飲料水の搬入状況

交通需要の変動を把握するためには、まず、地震以降の救援物資の必要量の推移を見る必要がある。その算定の基礎となる避難者数の変化を神戸市についてみると、図-2のとおりである。これによれば、避難所の宿泊者数は、地震後2日目にピーク約22万人に達し、これに対して配食者数は、6日目にピーク約23万人に達している。地震後の5日間をみると、配食者数が宿泊者数を下回っている。これは、震災直後には、各避難所に対して十分な食料が供給できなかったことを示すものであり、このギャップは5日間で延べ25万人・日に達している。しかし、食料は避難所宿泊者以外にも必要であり、地震当日から食料を必要としていた配食者がピーク人数23万人と考えれば、この人数と配食者数のギャップこそが実際の食料不足数であり、これを求めると延べ32万人・日の食料が不足していたことになる。

長田区役所でのヒアリングによれば、地震直後の2日間ぐらいは飲料水・食料がほとんど届かず、ようやく3日目くらいから届き始める。しかし、マスコミによって不足と報道されると水や食

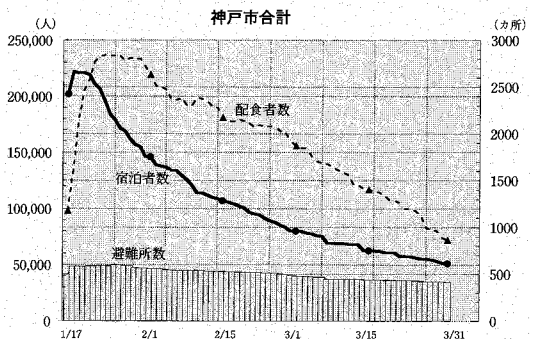


図-2 神戸市内避難所の宿泊者数、配食者数および避難所数の推移



写真-1 長田区の避難所



写真-2 緊急救援物資の搬入

料が予告もなく過剰に運び込まれてしまい、数人の区役所職員だけで深夜や明け方にも寝ずにトラックから下ろす作業を強いられた。逆に、現地へ届けられた食料が整理しきれず無駄になったなどと報道されると不足し、現に1月23日にはかなりの避難所で食料が途絶えた。また、域外からトラック単位で搬送される食料・物資は、ところ構わず直接避難所へ運び込まれるケースが多かったため、幹線道路沿いの見つけやすい避難所には多く届けられたが、幹線道路から奥へ入った所に位置する避難所へは届きにくかった。このように、物資供給のための情報が不足していたことも、円滑な物資供給ができなかったことの大いなる原因であると考えられる。写真-1, 2は、長田区における避難所および緊急物資搬入の状況の一例である。

(3) 緊急救援物資輸送システムの改善

生活緊急救援物資の責任者としての神戸市および各区役所は、主食としての食料および一般物資（ボランティア物資）をそれぞれ以下のような方法により輸送した。

まず、主食となる食料については、震災直後、被害の比較的小さい西区・北区を除く神戸市全域に関しては、ヘリコプターで空輸した後、各区役所を経由して、各避難所へ輸送された。この方法は、震災直後、緊急に物資輸送する上である程度は有効であったと考えられるが、その後の物資輸送量の増大によって、ヘリコプターによる輸送に限界が生じ、積み替えのための人手不足や避難所

まで輸送するための車両の不足などの問題が発生した。

そこで、地震2週間目（2月1日）以降は、食料提供および輸送のすべてが食品製造業者に業務委託する方式に切り替えられた。このことにより業者の車両や人手を有効に活用できるとともに、直接避難所まで輸送することにより積み替えのための労力が節約され、比較的円滑な食料輸送が可能となった。

次に、一般物資（ボランティア物資）については、震災直後は、全国各地から各区役所へ集められ、そこで仕分け作業を行った後に、各避難所へ届けられていた。しかし、区役所では、保管スペースや人手が少なく、輸送用の車両が少ないことから、まもなく処理能力の限界に達し、区役所前の道路わきには緊急物資が積み上げられる状況となった。一方、品物によっては足りない状態が続くなど、在庫管理が全くできない状態となった。

もうひとつの問題は、配送拠点として機能すべき区役所のほとんどが被災地内に位置していたために、全国各地から区役所への輸送（幹線輸送）と区役所から避難所への輸送（端末輸送）がともに被災地内の交通混雑の影響を受け輸送効率が低下したことである。また、こうして幹線輸送と端末輸送が錯綜することによって被災地内での交通混雑を一層助長させた。

そこで、地震2週間目（2月1日）以降は、配送拠点を各区役所から、被災地の外部あるいは周辺部に位置する4ヵ所の配送拠点（摩耶埠頭倉庫



写真-3 鉄道構造物の崩壊による不通

(灘区), 新神戸駅舎 (中央区), グリーンアリーナ (西区), しあわせの村 (北区)) に集約し, ここから各避難所へ輸送する方式に変更されたため, 交通量の削減にいくらかでも貢献したものと考えられる. また, 十分な物資の収納スペースを確保する上でも有効であった. さらに, この時期にはボランティアの協力によって人手や車両も確保できるようになった. こうして在庫管理がようやく円滑となり, 生活物資供給の不安定さがもたらした避難者の精神的な混乱をやわらげることにもつながった.

交通システムの供給サイド

震災後には, 図-3 に示すように阪神間を結ぶ主要な鉄道である JR 東海道本線, 阪神本線, 阪急神戸線がいずれも寸断され, 主要な道路も国道 2 号線を除いて大きな被害を受けた. また, 陸上交通の代替的役割を期待されていた海上交通についても神戸港が壊滅的被害を受けたためにほとんどの機能を停止した. ここでは, 土木学会²⁾および日本都市計画学会³⁾による緊急報告会資料, ならびに著者らによる現地視察に基づいて報告する.

まず, 鉄道は主として高架橋の桁落下等により至る所で寸断されたため (写真-3, 4), 地震翌日



写真-4 鉄道高架橋落下による南北道路通行不能

においても, 阪急が西宮北口~三宮間, JR が尼崎~西明石間, 阪神が甲子園~元町間で運転不能となり, 平常時約 65 万人を運んでいた阪神間の鉄道輸送がすべて停止した. その後, 各鉄道会社がそれぞれ復旧にあたり, 4 月 1 日の JR の開通によって 2 ヶ月半ぶりに阪神間が 1 本の鉄道により結ばれることになった. この間, 鉄道の寸断区間はバス輸送によって代替された. その輸送量は, 1 月 23 日 (地震後 7 日) に 3 万人/日であったものが, 1 月 28 日 (地震後 12 日) には一般国道 43 号線にて専用バスレーン (写真-5) が設定されたことによって 10 万人/日となり, 3 月 1 日 (地震後 1 ヶ月半後) には, 投入バス台数の増加, 輸送区間の短縮, 乗降方法の工夫などによって約 23 万人/日 (平常時の約 35%) まで回復している.

道路についても, 鉄道同様に高架橋に大きな被害があり, 地震翌日において阪神間で通行可能な主要幹線道路は, 国道 2 号線 (R2) のみであった.

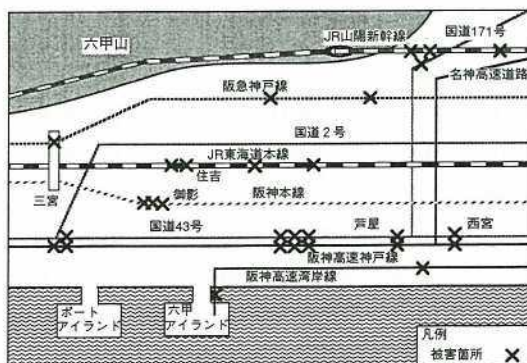


図-3 阪神間における鉄道および道路網とその被害箇所の概略



写真-5 交通規制後の43号線のバス専用ルート

また、表-1は、西宮市断面でみた地震前後の交通量の比較であり、平常時には約21.5万台/12hの交通量が流れていたが、地震1ヵ月後では5.5万台/10h（平常時の約25%）に減少している。これは、平常時に約9万台/12hを分担していた阪神高速・神戸線とその高架下の国道43号線（R43）が、阪神高速道路の倒壊によってともにほとんど使用不能となったためである（写真-6）。加えて、信号機倒壊・故障が東西幹線の道路交通の渋滞、混雑に拍車をかけた。また、南北の幹線は、鉄道高架桁落ちによる寸断やトンネル部分での混雑によって大きく交通容量が減少した。なお、一般に平面道路自体の被害は比較的少なかったが、家屋倒壊、電柱倒壊（特にトランスを載せたもの）および火災により多くの細街路が通行不能または困難となった（写真-7, 8）。

このように陸上輸送が被害を受けた場合、その代替的役割を期待される海上輸送についても、摩耶埠頭のごく一部の耐震岸壁を除いて港湾岸壁が壊滅状態となり、ほとんど機能しえなかった（写真-8, 9は、六甲アイランドにおけるコンテナ埠頭の破壊の状況の一例である）。

表-1 道路の交通量（西宮断面）

	平常時	震災1ヵ月後
一般国道2号線	2.6万台(4車線)	2.8(4車線)
一般国道43号線	6.6“(8”)	1.4(2車線、一部4車線)
臨港線	1.3“(4”)	1.3(4車線)
阪神高速・神戸線	8.6“(4”)	-
阪神高速・湾岸線	2.4“(4”)	-
合計	21.5万台	5.5万台

注1：平常時の一般国道2号線、43号線、臨港線は1990年道路交通センサスの12時間交通量、阪神高速道路湾岸線は1994年平均交通量（阪神高速道路公団）による。

注2：震災後1ヵ月後の交通量は、土木計画系の大学研究室合同交通量調査（平成7年2月15日（水）、8:00～18:00）による。

（参考文献^{3）}より作成）

交通の状態および救助・救援・復旧活動への影響

以上のような大量の交通需要の発生と供給量の減少の結果が、震災後の交通の大渋滞である。読売新聞⁹⁾によれば、自衛隊の連絡幹部が伊丹の駐屯地から神戸市役所まで約25kmを移動するのに、平常時なら自動車でも約1時間であるのに対して、地震当日には、その中間点である西宮から自動車を自転車に乗り換えて3時間30分を要した。また、あるタクシー運転手は、大阪空港から神戸まで往復約60kmに、平常時なら2時間程度であるが、地震当日には36時間を要したと述べている。このような被災地における交通麻痺状態の結果として、消防車の火災現場への到着の遅れが生じ、水・食料・その他の一般物資の安定供給が妨げられた。さらに、クレーン車の到着の遅れは崩壊した建物の下敷きになった人々の救出活動を遅れさせるとともに、道路・鉄道など交通施設や上水道・ガス・電気などのライフラインの復旧活動も迅速性を欠くものとした。そして、これらの障害が一層交通渋滞を増長する方向に働いた（図-1）。

このような交通麻痺の直接的な原因としては、よく言われているとおり、①交通規制が遅れたこと、②緊急輸送車両標章の発行枚数が多すぎたことなどが考えられる。しかし、より根本的な原因



写真-6 阪神高速道路の倒壊

としては、①交通規制を行うための早朝の情報収集に時間を要したこと、②各機関でバラバラに情報をもっており情報の一元化がなされなかったこと、③これらの情報をもとに総合的に分析・判断を下す組織がなかったことなどを指摘することができる。

我々は、唯一、日本道路交通情報センターによるリアルタイムでの交通状態の把握機能を持っていた(図-1)。しかし、これでは、交通システムに出現している結果を見ているだけであることを意味する。必要なのは結果としての情報ではなく、どこで建物や高速道路が倒壊して通れないのか？どこで食料や飲料水、物資が不足し、それを運ぶ交通サービスを必要としているのか？そして、



写真-7 建物崩壊による道路通行不能

今どこにどんな緊急車と一般車が何台ずつ走っているのか？などといった、その原因あるいは背景についてのリアルタイム情報こそが必要であったが、これらはテレビなどのマスコミの中継番組を頼りに収集されていたのが現状であった。さらには、その情報を収集・分析して指令を出す交通システム管理機能とでもいうべきものが欠けていたことに気づくのである。この機能とは、図-1に示す需要発生要因、供給障害要因、交通状態の変化について、随時モニタリングすることによってこれらの情報を適切に把握し、これに基づいて交通システムそのものを包括的に時々刻々管理するシステムである。また、この機能は、道路だけでなく鉄道や港湾などすべての交通システムを横



写真-8 火災による延焼と細街路の通行不能



写真-9 六甲アイランド岸壁の崩壊

断的に統括するべきものであることは言うまでもない。

まとめ

現地において独自に行ったヒアリングならびに既存の報告をもとに、需要および供給の観点から交通システムの機能障害の分析を行った。実際に扱えた範囲はかなり限定されてはいるものの、得られた知見をまとめると以下の通りである。

交通需要の側面としては、交通需要を交通供給の容量低下に応じて抑制することが必要であり、たとえば、事前に交通の重要度に応じた交通規制の方法についての計画を立てておく必要がある。一方、交通規制による混乱を軽減するために、迂回ルートを確保するとともに、交通需要そのものを減少させることが必要である。たとえば、緊急食料等の備蓄を行っておくことは、緊急時における物資輸送のための交通需要の軽減のためにも必要である。また、物資輸送方法にしても、被災地内における交通需要を減少させるために、配送拠点を被災地の外部に設置するよう配慮することが望ましい。その他、知人・友人の安否確認のための交通を抑制するためには、被災地域における電話等の通信容量に余裕を持たせることも必要であろう。

交通供給の側面としては、個々の交通施設レベルでの耐震性強化とネットワークとしての信頼性の向上との2つの見方がある。交通施設については、地盤条件や個々の施設の重要度に応じた耐震性の強化および見直しが必要であろう。たとえば、活断層付近や幹線交通施設の交差部分などについては耐震性の強化が必要であろう。ネットワークの観点からは、防災上、リダンダントにすべきことが改めて明らかとなった。平常時において阪神

間の70%の自動車交通を受け持っている阪神高速道路神戸線と国道43号線がほとんど使用不能となることによって、阪神間の交通機能は麻痺した。望ましくは、これを代替すべき高速道路網が六甲山の裏側にあり、両方が六甲山の下を通じてトンネルによって結ばれておれば、阪神間の交通機能の混乱は軽減されたはずである。

さらに、交通システム全体の観点からみると、今回のように交通が麻痺し、なかなか解消しなかった根本的な原因は、交通需要および供給に関する情報をリアルタイムで得るシステム、および情報を分析した上で総合的な交通管理を行う機能・組織が存在しなかったことにあると考えられる。したがって、今後は、このような情報収集の方法や交通管理機能・組織についても検討しておくことが不可欠であろう。

最後に、本報告は著者ら2大学の研究室での共同調査に基づいたものである。調査にあたっては、研究室の京谷孝史助教授（'95年4月より東北大学助教授）、奥田隆明助手および大学院生諸氏の協力を得て行った。また、本稿をまとめるにあたって京都大学・中川大助教授より貴重なご意見をいただいている。ここに記して、謝意を表するものである。

参考文献

- 1) 中川大：震災緊急対応時の交通問題—大震災の教訓と都市災害への対応策—, 自然災害科学J. JSNDS 特集号, pp.16-21, 1995
- 2) 森康男・飯田恭敬・谷口栄一・新田保次・宇野伸宏：道路グループ報告(交通)、「阪神大震災被害調査—緊急報告会資料—」, 土木学会, pp.53-61, 1995.2
- 3) 森康男：交通施設の被災状況, 「阪神・淡路大震災の被害実態と復興都市づくりの展開」, 日本都市計画学会関西支部・日本建築学会近畿支部, pp.21-26, 1995.3
- 4) 読売新聞・朝刊(1995年4月18日): 検証・阪神大震災—交通渋滞—

土木学会刊行物

コンストラクション クレーム

B5判 244頁 会員特価 8550円 定価 9500円

お申込みは「土木学会刊行物販売係」FAX 03-5379-2769 まで