

## 道路グループ報告（交通）

調査メンバー：森 康男（大阪大学教授）、飯田恭敬（京都大学教授）、  
谷口栄一（京都大学助教授）、新田保次（大阪大学助教授）  
宇野伸宏（京都大学助手）

### 1. 調査対象地域、施設の概説

阪神高速道路神戸線、国道43号、国道2号、（いずれも西宮と神戸三宮の間）

西宮市内と神戸市内（長田区、兵庫区、中央区）の街路および細街路  
代替バス（阪神バス、三宮－阪神甲子園）、名神高速道路（西宮のみ）

### 2. 被害状況

a. 阪神高速道路神戸線は、西宮市甲子園地区から神戸市深江地区にかけて落橋、倒壊が6カ所あり、特に神戸市深江地区は約500mにわたって高架橋が北側に転倒倒壊しており、被害はきわめて甚大である。他の場所でも落橋や倒壊に至らなくても、橋脚が大きく損傷したり、桁が支承からはずれたりしている箇所が多く、神戸線は全面的に通行止めの状態となっている。湾岸線については、西宮浜で橋桁が落橋し、全線が通行不能となっている。

b. 国道43号は阪神高速道路神戸線の高架下を並行して通っており、このため阪神公団神戸線の落橋や倒壊箇所については上下線とも不通となり、その後撤去作業が進むにともない、一方向のみの通行や、一部車線の通行が可能となった。また、国道2号をまたぐ岩屋高架橋（中央区）が倒壊し、この部分が通行止めになっている。しかし、43号そのものは路面の陥没、段差、クラックはかなりの箇所で見られるものの、被害は比較的軽微で車両の走行に大きな支障は生じていない。

c. 国道2号については、阪神公団神戸線高架橋の橋脚損傷による浜手バイパス（神戸市中央区）の全面通行止め、同じく橋脚倒壊による中央区波止場地区での通行止め、またポートライナーの橋桁落下による新聞会館前（中央区）の通行止めが行われた。このうち、新聞会館前は応急補強工事により間もなく通行可能となっている。2号そのものについては、やはり陥没、段差、クラックがかなりの箇所で見られるものの、被害は総体的に軽微であり、復旧作業によりまもなく通行可能な状態となっている。

d. 地域内の幹線街路に関しては、立体交差している鉄道や幹線道路の橋桁倒壊などによる一部通行止めの箇所が出ている。また地下構造物があるところでは大きな陥没も報告されている。しかし、総じて路面の大きな被害はないようである。西宮にかぎっていえば、名神の落橋による山手幹線以外の街路は、致命的な損傷はなかったように見受けられた。もちろん、各所で軽微な損傷はあったが、応急補修が適切に施されて、通行にはあまり障害とはなっていなかった。地区道路も地域によって損傷の程度が大きく変化しているが、車道の横断方向および縦断方向のひび割れ、歩道の隆起あるいは沈下があった。また海岸に近い地域（多分埋め立て地）では、車道や歩道でところどころに液状化による噴砂の跡があった。これらは特に自動車の通行に支障を与えるものではなかったが、自転車や歩行者には影響を及ぼしていた。また、倒壊したビルや家屋などの道路へのはみ出しにより、通行に支障を来している箇所がかなり多かった。地区内の細街路については、特に長田地区では火事延焼の防止機能を果たしていないところが多く見られた。主要道路の被害箇所と状況については、図一1に示してある。

### 3. 交通への影響

#### (1) 道路交通の状況

a. 地震発生後直ちに、すべての鉄道や高速道路の通行不能が発生したにもかかわらず、主要道路の交通規制が直ちに実施された形跡はない。その間、救援、避難のための緊急車両の行動が渋滞によって制限されたのではないかと危惧される。

b. 1月20日から国道2号が救援活動のための緊急自動車の専用道路と指定されたが、調査時点での観察では、緊急自動車以外の車両が交通整理されていない交差道路から流入し、神戸東部ではほとんど動けないような状況であった。この理由は推察であるが、特に神戸東部では家屋の倒壊が多く、しかもその多数が道路をふさいでいたために、地区道路がほとんど使用できない状況であったことが関係していたと思われる。

c. 交通渋滞の要因として、鉄道の不通による歩行者や自転車、二輪車の増加がある。倒壊した建物やその恐れのある建物が幹線道路沿いに多かったので、歩道が通行止めになり、歩行者や自転車が車道にはみ出て、渋滞をさらに悪化させていた。また、路上駐車車両が多いのも、道路混雑の大きな原因となっていた。

d. 鉄道の不通による代替バスの運行開始は1月23日になってからである。しかし、一般車両の交通規制が十分でないために渋滞に巻き込まれ、ノロノロ運転の状況であった。やや状況が緩和された24日午後4時頃に実際に三宮から乗車した

が、阪神甲子園までの約14kmを3時間15分を要した。

## (2) 輸送能力の低下

a. 阪神高速道路の損壊や倒壊により、国道43号が数カ所にわたって通行不能になり、また阪神高速道路湾岸線も落橋のため使用できない状態となっている。そのため、阪神間の道路幹線としては国道2号のみが通行可能であり、この1本の道路に交通量が集中して大渋滞の状況となっている。西宮―芦屋間の南北断面で不通になった主要道路の平常時の交通量を見てみると、国道43号が約6.5万台/12h、阪神高速道路神戸線が11.5万台/24h、湾岸線が3.2万台/24hであり、一方、国道2号は2.8万台/12h、となっている。ただし、国道は平成2年10月の道路交通センサス、阪神高速は平成6年10月の平均交通量によるものである。12時間(h)交通量(7時から19時まで)は24時間(h)交通量の0.75であるとする(国道2号、28号、43号、428号の実績平均値から求めた)、当該断面の総交通量は12時間交通量で約20.3万台となる。したがって、国道2号の交通量はこの断面における約14%となっている。このときの2号における時間当たりの交通量は約600台/車線となっており、容量にほぼ近い交通量が流れていると考えられる。地震による路面の損傷被害、路上への建物破壊の影響や、大量の自転車およびバイク交通を考慮すると、道路容量はかなり減少していると思われるので、大ざっぱに見て平常時の断面交通量の約1割程度しか処理できない状態となっている。なお、道路における平常時の主要地点の交通量は図一2に示してある。

b. 鉄道利用人数は、阪急神戸線(西宮北口―夙川)で約21万人/日、阪神本線(青木―魚崎)で約14万人/日であり(いずれも平成6年都市交通年報)、JR東海道線は約30万人/日と推定されるので(平成4年都市交通年報)、この断面上での総利用人数は約65万人にものぼる。これら3社の鉄道がすべて震災のために運行不能になったことは、阪神間の輸送面で壊滅的な打撃であり、復旧までにしばらく期間を要するとなると、その代替輸送対策を早急に講じることが必要である。図一3は神戸東灘と西宮の間の主要道路と鉄道の断面交通量を示している。

## 4. 震災に対しての交通面からの意見

### (1) 震災直後の交通管理対策

災害において最も優先される対策は、いうまでもないが人命救助である。交通管理対策面においても、この度の大震災に際しては、このことを徹底すべきであったと思われる。地震により波及的あるいは断続的に建物の倒壊や火事の発生が起こる

が、この事態が一応落ちつくまでは、災害地域を指定して非常事態を宣言し、この間はすべての自家用乗用車の使用禁止をするくらいの強力な交通規制の実施をしてもよかった。走行が許可されるのは、人命救助活動のための車両、消防活動の車両、緊急物資輸送の車両などに制限すべきであろう。緊急物資の輸送に関しても、個人の車両は原則として許可せず、官庁や団体などの車両に限定すべきである。個人による緊急物資輸送は、事態が少し落ちついてからにすればよい。

非常時の交通管理システムは、被害規模のレベルに応じて異なるべきであり、今回のような広範囲にわたる激甚災害の場合は、できるだけ単純明快な方式がよい。現在、道路と車両のインテリジェント化による次世代の交通管理システムが開発中で、間もなく実用化されようとしている。しかし、この新システムを災害時に使用しようとしても、道路の広範囲な被害があれば、まず時々刻々のデータ収集が不能であり、無用となることは目に見えている。道路の被害範囲がごく狭い一部に限定される場合は、新システムの適応が可能である。この場合はシステム工学で用いられている信頼性（Reliability）の考え方が応用できる。信頼性とは、システムの一部が損傷しても、システム全体としての機能は維持できるという考え方である。つまり、道路でいえば、ある道路が通行不能となっても、代替道路が存在するような形になっていけばよい。しかし、今回のような大規模な範囲で道路施設の破壊が生じると、代替経路の確保がきわめて困難な状況となっている。このような状態では最低限でもよいから、まず必要性の高い道路から確保していくことが大切である。混乱した事態では何よりもローテク（ハイテクの反対の意）を基本とした単純明快な道路利用システムがもっとも現実的であり効果的であると思われる。具体的には、特定の広域幹線道路と地域幹線道路を指定し、緊急車両以外は通行を規制することである。

## （2）復旧期間における道路交通管理対策

事態がかなり落ちついて日常生活がはじめられるようになると、復旧活動に向けての道路交通管理対策が必要となる。この段階になれば、自家用乗用車の使用もある程度認めなければならないであろうが、道路機能の回復度と道路交通量の状況を考慮しながら、規制実施することになるだろう。しかしこの場合でも、医療活動や復旧活動に関係する緊急車両が優先されるべきであり、可能な区間では極力専用レーン的な規制が望ましい。この度の調査は震災発生後5日目から7日目にかけてであったが、緊急車両とは思えない自家用乗用車が多数見られたことについては、今後の対策において検討すべき課題であろう。

具体的な対策としては、主要な地域間幹線道路と地域内幹線道路の機能回復を最優先に行い、これらの基幹的な幹線道路を主として緊急車両の交通処理に供するのが基本的な考え方と思われる。自家用乗用車は、主要幹線道路に車線数に余裕があれば、その通行も認めてもよいが、そうでない場合は、原則として幹線あるいは補助幹線的な道路に限定することを考えるべきである。

復旧期間の道路交通対策の一つの方法として、中央分離帯の活用が考えられる。現在、中央分離帯は事故防止や植樹などの理由から鳥式の構造になっているところが多いが、このような剛な構造ではなく、いざという場合には、容易に取り外しができる柔な方式のものがあれば都合がよい。中央分離帯を利用すれば、少なくとも1車線、場所によっては2車線を確保できるので、このレーンを緊急車両の専用車線として供用できることになる。交通安全や景観の面からは、中央分離帯を柔構造にすることは相いれないところがあるが、非常時の交通対策の面からは、今後検討に値する重要な研究課題と思われる。

### (3) 復旧までの代替交通輸送の計画

J R東海道線、阪急神戸線、阪神本線がいずれも施設の損壊により三宮と西宮間で運行不能となり、この間で1日当たり60万人から70万人の輸送がストップしたことになる。この輸送量を代替機関で対応することは不可能であるが、この事態を考えると少なくとも、緊急連絡や復旧援助の交通のために、できるだけ早い時期に代替輸送を運行実施をすべきであったと思われる。代替輸送機関としては、まずバス輸送が考えられる。今回の大震災では運転手やバスの確保などで問題があったようであるが、やはり幹線道路がほとんど機能しない状況であったことが、バス代替輸送の運行開始が遅くなった理由といわれている。このことでもわかるように大事なことは、バス代替輸送においても緊急車両も含めた専用車線を早急に確保することであり、道路の車線利用のあり方をこれから考究する必要がある。

船舶による代替輸送も、この度は港湾都市という地域事情もあり、大きな役割を果たしたといえる。港湾施設も大きな被害を受け、能力的には十分には対応し得なかったようであるが、けい船施設については固定型の岸壁でなくても、浮き桟橋のような簡易タイプでも非常時の旅客輸送ではそれほど問題になることはないと思われる。

今後の防災計画においては、災害時の代替輸送としては、バスのみならず船舶も加えた総合的な輸送計画を講じるべきである。

#### (4) 交通施設的设计基準の再考

道路構造物の耐震設計基準の見直しについては、構造分野の専門家により今後鋭意検討がなされると思われるが、施設単体の強度や安全度に加えて、利用機能面から見たシステム論的な視点も必要ではなかろうか。例えば、施設機能に損壊が発生したときの利用システム全体への影響度や、社会活動および産業活動から見た重要度などを考慮する考え方である。いわゆるリスク論的な見方を施設の設計基準に取り入れていくことが必要であろう。

#### (5) その他

a. 災害時の交通対策は、道路、鉄道、海運などのそれぞれの交通機関が独自に最善の努力をすることはもちろんであるが、同時に相互の連携をはかることが重要である。規制はもちろんのこと運行計画に関しても、各機関で連絡調整をはかりながら一体的な実施が可能な体制あるいは機関の設置が望まれる。

b. 災害に備えた都市づくりをこれから進めるには、フロー機能の充実もさることながら、ストック機能を見直すことが重要ではなかろうか。物流はジャストインタイムシステムといわれるように、必要な品物を、必要なときに、必要な量だけ輸送するのが最も経済的に合理的であるとされてきた。しかし、今回のように道路が寸断されると生産活動がたちまち停止するという事態となってしまう。商店でもこのシステムで輸配送しているところが多く、在庫は極力少なくなるように努めている。在庫を貯蔵するシステムがあれば、物流交通量はその分減らせるし、道路が不通になってもしばらくは生産活動や市民生活に支障は生じない。飲料水や消火のための貯水槽もストックであるし、公園や避難所もストックである。道路でいえば、中央分離帯や路肩を非常時の緊急用車線の余裕スペースと考えるなら、これもストックである。ストックは一見無駄のように思われるが、万が一というときの効用はきわめて大きいことを認識すべきである。

c. 防災的観点からの道路ネットワークのあり方については、計画の原点に戻るが、主要幹線、幹線、補助幹線、区画といった道路の機能特性を明確に区別した階層構造の構築をはかることが基本となろう。このことよって地域内と地域間の交通が分離されるし、緊急路や避難路の確保も容易となる。さらには、火災時の延焼防止にも効果がある。阪神間の道路網においては、東西方向、南北方向ともに地域内の幹線道路をもっと強化すべきであろう。





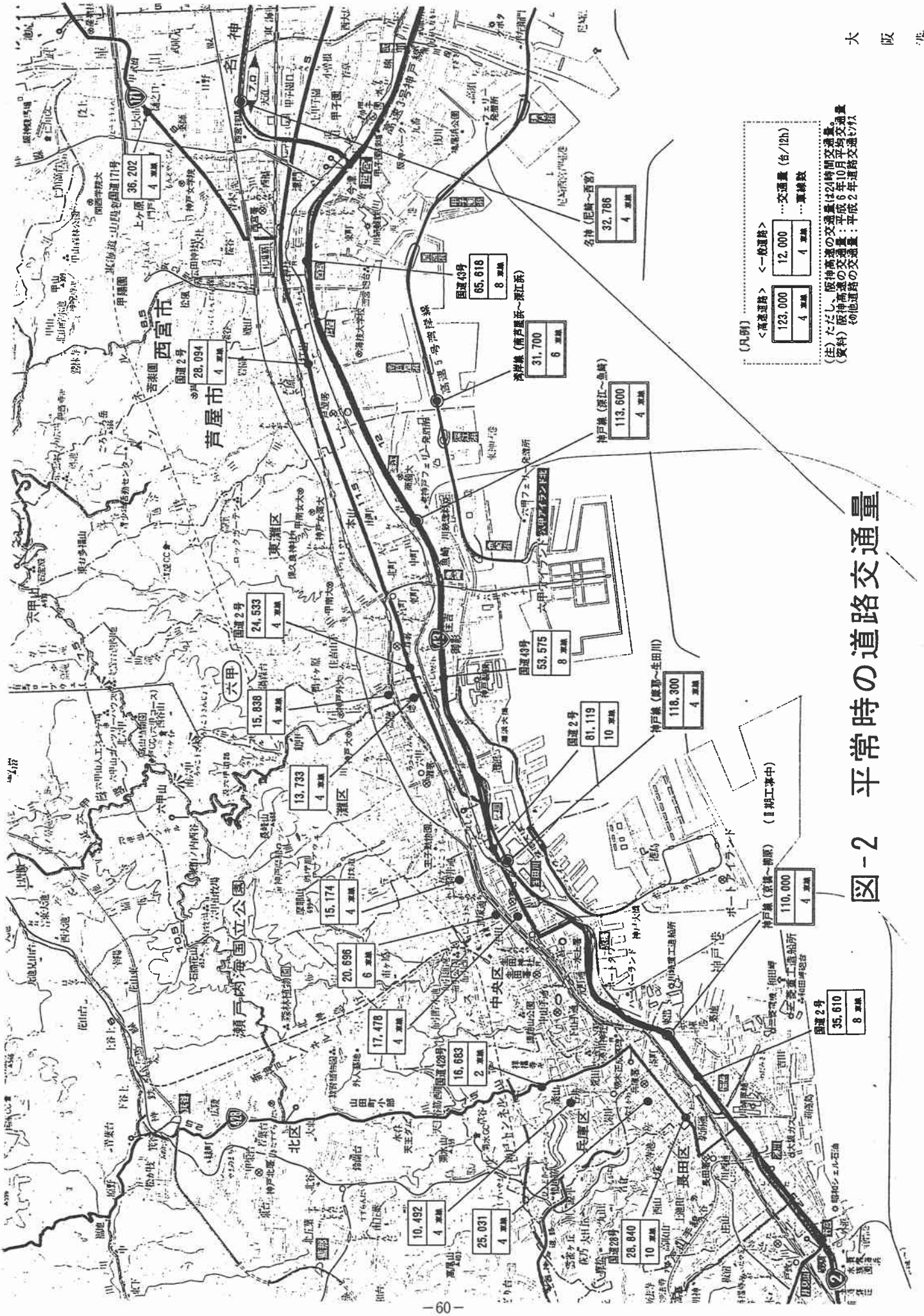


図-2 平常時の道路交通量



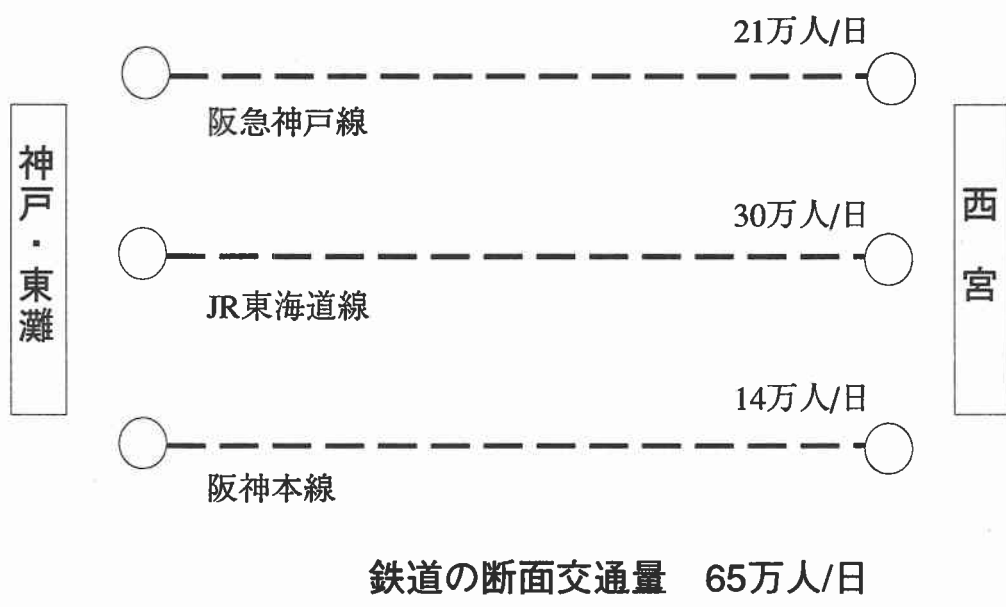
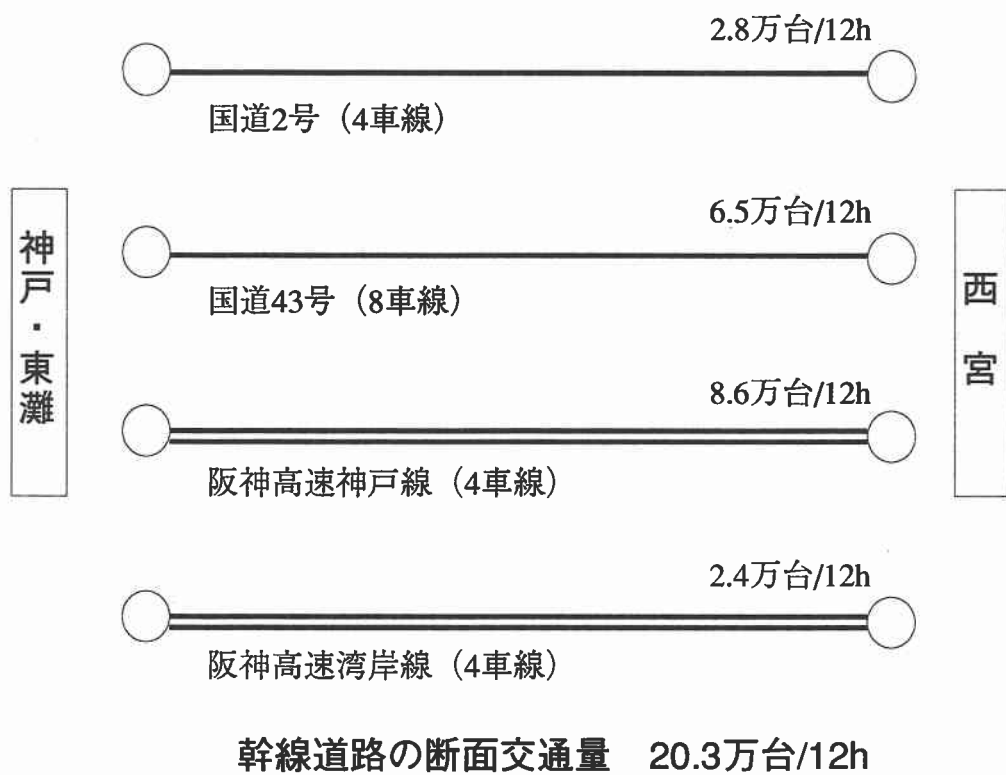


図-3 幹線道路と鉄道の断面交通量

## 道路グループ報告（構造物関連）

調査メンバー：藤野陽三（東京大学工学部土木工学科教授：橋梁工学）  
伊藤義人（名古屋大学工学部土木工学科助教授：橋梁・鋼構造学）  
大賀宏行（東京都立大学工学部土木工学科助教授：コンクリート工学）

情報・写真提供：伊藤 学（埼玉大学工学部建設工学科教授）  
長井正嗣（長岡技術科学大学工学部建設系助教授）  
木村吉郎（東京大学工学部土木工学科講師）

### 1. 調査対象区間および施設の概況

阪神高速道路公団：大阪西宮線・神戸西宮線（甲子園以西，東灘区以東）  
湾岸線（西宮以西）  
日本道路公団：名神高速道路西宮スタジアム付近  
尼崎市，西宮市，芦屋市，神戸市の道路  
訪問先：阪神高速道路公団本社  
情報範囲：阪神高速道路公団大阪西宮線および神戸西宮線全線，湾岸線

### 2. 被害状況

今回の調査の範囲で把握した被害状況は以下のとおりである。

#### 2.1 被害の概要

高速道路構造物の被害概要を以下に示す。

##### (1) 人的被害

早朝であったため，交通量は少なかったが高架橋の倒壊，桁の落下に巻き込まれて亡くなった方は16名と報告されている。阪神高速道路公団神戸線では，東灘区深江で橋梁の倒壊とともに走行中の自動車の中にいた7名が，その他の桁の落下や橋梁の下敷きにより7名が亡くなられた。湾岸線では，桁の落下により橋上の2名が亡くなられた。

##### (2) 阪神高速道路公団神戸線関連

調査全域における大部分のRC橋脚のひび割れ発生とせん断破壊および座屈破壊  
甲子園付近の鋼橋脚の局部座屈  
西宮市高潮付近のRC橋脚の破壊と橋桁落下  
西宮市札場付近の鋼単純桁落下  
西宮市建石近辺の鋼橋脚およびコンクリート橋脚の圧壊と橋桁落下  
神戸市深江付近のRC橋脚倒壊  
神戸市浜中付近のRC橋脚破壊と鋼桁落下  
神戸市湊川付近のRC橋脚破壊および鋼橋脚局部座屈と桁落下

##### (3) 阪神高速道路公団湾岸線関連

西宮大橋東側橋桁落下  
西宮大橋西側支承破壊  
東神戸大橋神戸側ペンデル支承破断  
六甲大橋上ラテラル座屈

- (4) 日本道路公団名神高速道路関連  
西宮スタジアム付近RC橋脚傾斜および橋桁落下
- (5) 建設省，神戸市関連  
国道43号と2号線との立体交差  
ハーバーハイウェイ など

## 2.2 主要な被害

### (1) 阪神高速道路公団神戸線

大阪西宮線と神戸西宮線からなる通称神戸線は大阪市西本町を起点とし，月見山に至る総延長39.6kmの，大阪と神戸を結ぶ幹線である。桁幅は19m前後の4車線。神戸線の特徴の一つは，単柱形式が多いことである。これは国道43号線の交通路を確保し，高架橋の圧迫感を極力減らすためにとられた構造的な措置といえる。大阪西宮線の脚の番号P119から数えると神戸寄りには800余りの橋脚があるが，そのうち80%近くが単柱橋脚である。また，RC/PC橋脚の比率が高く，鋼製橋脚との比はおよそ0.85:0.15である。

今回の地震により被害が生じたのは，武庫川以西の神戸寄りの区間であり，昭和40年代前半に建設されたものである。主な被害はそのほとんどが橋脚の破壊，崩壊に起因したものである。図1に大きな被害の分布状況を示す。ピルツ橋脚が倒壊した神戸市深江付近，浜中，京橋，湊川に大きな被害が集中している。

RC橋脚についていえば，神戸線の甲子園以西では，橋脚基部における座屈およびひび割れの発生，橋脚中部における曲げおよびせん断ひび割れの発生，せん断破壊が認められるRC橋脚が多数見られる(写真-1)。恐らく，何らかの形で変状がでてきているのは上記の800余りの脚のうち500橋を越すものと判断される。せん断および曲げ破壊の方向は橋軸直交方向が多い。橋脚基部において曲げ破壊が生じている部位の内部コンクリートが，約20cm角のサイコロ状に分裂しているものが認められる(写真-2)。西宮市高潮付近では，RC橋脚の橋軸方向への傾倒が原因と考えられる橋桁の落下があるが，その東側のRC橋脚にはせん断ひび割れが発生し，橋軸方向西側へ大きく変形している。西宮市建石付近では，鋼橋脚およびRC橋脚の座屈圧壊により鋼桁が傾斜沈下している(写真-3)。RC橋脚は，橋軸と直角方向へ大変形を起こし，同一断面に配置されている圧接継手部において多数の鉄筋が破断している。西宮市建石付近以西，神戸市深江付近までのRC橋脚に座屈破壊およびせん断破壊が認められるものがあり，他の橋脚と同様に圧接継手部において鉄筋が破断しているものが多い。

深江地区では，ピルツ形式の高架橋が長さ600mにわたり橋軸と直角北方向へ崩壊転倒している(写真-4,5)。このピルツ形式はスパン22mのゲルバー桁を支える支柱が35mおきに配されており，計16本からなる。経済性，施工性に優れており，騒音，振動問題も少ないということで採用された。ゲルバー桁と橋脚上の桁とはPC鋼線をつないでおり，地

震による桁の慣性力がすべて橋脚にかかる構造となっている。このことと、ねばりの少ない脚、大きい地震力があいまって、今回の崩壊転倒につながった。なお、写真-4、5からわかるように、RC橋脚は基部においてコンクリートの破壊および鉄筋とコンクリートの分断が生じている。この地域におけるRC橋脚でも、圧接継手部において鉄筋の破断が多数認められる。また、内部コンクリートがサイコロ状の塊に破壊している部位がある。

一方、鋼製橋脚の目立った被害としては、2本のRC脚に支えられたT型鋼製橋脚の圧壊が挙げられる（写真-6）。この破壊メカニズムははっきりとはしないが、RC脚と鋼梁との間のピンがはずれており、鋼柱が橋軸直角方向の地震力をすべて負担したため損傷が生じ、圧縮耐力が低下し、圧壊したように想像されるが現時点でははっきりとしない。脚における自重による軸応力は通常、耐荷力の2割程度であり、鉛直動による慣性力が直接の原因となって橋脚が圧壊したとは考えにくい。

その他の被害としては、鋼板の局部座屈が何本かの橋脚に見られた（写真-7）。提灯（ちょうちん）座屈をした橋脚もあった（写真-8）。

鋼桁に関しては、シューからはずれたり、シューをとめるセットボルトが飛んだものも数多くみられた（写真-9）。桁の移動は、橋軸方向のもの他に、山側に移動しているものが、甲子園から深江にかけて多く観察された。橋軸直角方向に大きな力が作用して下フランジがねじれている例もある（写真-10）。RC橋脚の曲げせん断破壊も橋軸直角方向が多いことを考えあわせると、橋軸直角方向（ほぼ南北）に非常に大きな地震動が作用したように思われる。

橋脚が健全にもかかわらず、一連の桁が橋軸方向に動き、橋台から押し出され、耐震連結バーが切れたために落橋した例が見た範囲で一例あった（写真-11）。

なお、メリケンパークから少し神戸寄りの2本がペアーとなったロッカーRC橋脚の一部も大きく損傷を受けており、24スパン分が桁とともにすべて撤去された。また、さらに東の湊川付近のPC単柱橋脚（一部鋼ラーメン橋脚）も若宮ランプ近くまでの数百mにわたって大きく損傷したものが多く、撤去された桁、脚もかなりの数にのぼっている。

## （2）阪神高速道路公団湾岸線における被害の状況

湾岸線は神戸から関西国際空港連絡橋に至る路線であるが、今回の地震により強震動を受けた区間は埋立地を通過している尼崎以西である。この区間は1994年に開通しており、新しい耐震設計規準で設計されたものであることに注意する必要がある。西宮以西での被害は見られず、西宮を堺として六甲アイランドに向かって被害が大きくなる。以下、長大橋と高架桁橋の被害状況を説明する。

### ・西宮港大橋（ニールセンアーチ橋；スパン252m）とアプローチスパンの落下

西宮港大橋（ニールセン橋）に隣接する単純橋（スパン約25m）が落橋した（写真-12）。護岸ケーソンの海側への移動とともに、西宮港大橋の基礎が移動し、アプローチスパンの長さがのび、落橋防止装置が破損したのが原因と考えられる。護岸ケーソンに近いところの基礎は、護岸ケーソンが海側に移動していることが多く、同橋に限らず土圧により橋脚基礎も海側へ移動している可能性がある。なお、西宮港大橋については固定支承の上沓が半分に破断され、落下している（写真-13）。また、ケーブルの一本にゆるみが見ら

れるが、これはケーブルの破断ではなく定着部の破損によるはずれであろう。

#### ・東神戸大橋（斜張橋；スパン485m）

神戸側側径間端部のペンデル支承のピンが脱落した（写真-14）。そのために側径間が浮き上がり、伸縮装置が破損している（写真-15）。

ペンデル支承が破損した原因を同定することは難しいが、その下にある端橋脚ならびに中間脚の横ばりにせん断座屈が生じ、さらに端橋脚の基部付近の外ウェブ（橋軸方向に平行）に局部座屈がみられる（写真-16）（ただし、写真-16の局部座屈はフランジの座屈であり、外ウェブの局部座屈は写真からはわからない）。このことは、脚に橋軸直角方向の大きな地震力が作用したことを意味しており、また、ウィンドシューも破損しており、これらのことを考えあわせると桁が橋軸直角方向にも大きく揺れた可能性が高い。ペンデル支承、橋軸方向変位を抑えるベーンダンパー（これも破損した）は橋軸直角方向には弱く、損傷、破損したものと思われる。

#### ・六甲アイランド橋（ローゼアーチ橋；スパン217m ダブルデッキ）

アーチ橋が六甲アイランド側の橋脚位置で、大阪側に3 m程度横方向に移動している。神戸側のアーチ弦材が支承からはずれ、大阪側のアーチ弦材はラーメン橋脚からはみ出している（写真-17）。

上沓の浮き上がりを防止するブロックの止めボルトが飛び、ブロックが脆性的な破断をしている。地震の上下動によって、この部分がはずれたため、脚上でアーチ橋が大きく移動した可能性がある。

アーチの上横構水平材と斜材に座屈が見られる（写真-18）。これは、アーチ弦材が支承から脚に転落した際に大きな力が作用して座屈したのではないかと考えられる。

#### ・桁橋

桁橋では支承の破損が目立つ。例えば可動側のローラーがはずれ、左右の桁に段差が生じて伸縮装置（路面）に上下方向のギャップが生じて通行不能となったのが何箇所かある。また、支承からはずれた桁が橋脚上に落ち、そのために桁端部のフランジや腹板に局所的な座屈が生じているのも多い。支承に変状のあったもの、桁がそれにより変状を受けたものが、全体の2割程度あるように見受けた。

#### ・橋脚

護岸ケーソン近くの基礎がケーソンの破損とともに海側に移動したと思われるのは前述の西宮大橋、そして夙川橋にも見られるが、橋脚の構造的被害は少ない。鋼製橋脚では、前述のせん断座屈（写真-19）、曲げによる局部座屈が見られるが、大きな損傷を受けたものはない。

なお、写真-19の腹板に生じたせん断座屈は45度の一方向ではなく、X形に腹板の膨らみが見られる。これは交番載荷のためであろう。

RC橋脚については、単柱、ラーメン橋脚形式のものが、甲子園浜、西宮浜、芦屋浜に数十本あるが、うち1本にひび割れが出た程度（これも支承からはずれた桁が橋脚にぶつ

かった際の衝撃によるものと思われる)で、他のものはすべて健全のように見受けた。これらは新しい耐震設計規準(平成2年改訂)に基づき、ねばりにも配慮した設計となっている。湾岸線の比較的そばにある西宮大橋(昭和50年代完成)は、旧規準で設計されたものであるが、橋脚が大きく損傷を受けている。また、近くの大阪ガス西宮工場の強震計(地盤上)の最大加速度の最大値は792 galと大きな値を示している。これらのことを考えると、湾岸線のRC橋脚も神戸線深江付近と同じような強震動を受けたと推測される。今後の詳細な検討が必要であるが、じん性を考慮して設計されたRC橋脚に被害がほとんどなかったことは、現行耐震設計を見直す際に参考になる一つの重要な事実である。

### (3) その他

建設省、日本道路公団、神戸市の所管する橋梁、高架橋にも、これまで述べてきたのと同様の破壊、被害がRC橋脚に生じている(写真-20, 21)。

鋼製橋脚については、国道43号線立体交差点のT型鋼橋脚が圧壊している(写真-22)。また、ハーバーハイウェイの鋼ラーメン橋脚では、隅角部にき裂が入り、ほぼ破断している(写真-23)。このような脆性的な破壊はこれまであまり報告されておらず、原因の究明が必要である。

なお、西宮、芦屋、神戸には数多くの歩道橋(鋼製)があるが、見た限りでは大きな被害を受けたものはなかった。歩道橋の倒壊は交通路の妨げになるだけに、そのようにならなかったことは幸いである。

## 3. まとめ

橋梁に限ってみても、今回の被害は広範囲に亘っており、私どもの調査がそれらすべてをカバーしているわけではない。また、駆け足でまわったこともあり、事実関係の確認が必要などころもある。一つ一つの被害の詳細な把握ならびにそれらと地震動、地盤、構造、設計規準との関連を、実験、解析の力を援用して分析してはじめて種々のことが明らかにされる。現時点で著者らが感じていることは、

1) RC橋脚の被害が目立ったが、いずれもじん性に対する照査を行わない平成2年以前の設計規準で設計されたものであったこと。じん性を配慮した新しい規準で設計されたRC橋脚(阪神高速道路公団湾岸線)では被害がほとんど出でならず、今回のような強震動にも耐えうることを示している。

2) 鋼製橋脚は古いものも含めて今回クラスの地震動には、局所的な損傷はでるものの、全体としては耐えうるものが多いことが明らかになった。しかし、圧壊した鋼製脚、脆性破壊した例もあり、その原因を究明する必要がある。

3) 鉛直動の大きいのが今回の地震の一つの特徴であるが、鉛直動が破壊の支配的要因と思われる大規模な被害は、著者らが見て回った限りほとんどみられないこと。写真に示したようにちょうちん座屈の例があるが、これが本当に鉛直動によるものかは、調べる必要がある。RC橋脚にしる、鋼橋脚にしる(写真-8)、圧壊した例がいくつかあるが、これも横方向力による破壊により圧縮耐力が低下し、そのあと重力、鉛直動により圧壊へと進んだのではないかと思われる。鉛直動を耐震設計の照査をとり入れるかどうかについては慎重に検討する必要がある。

# 道路施設と主な被害

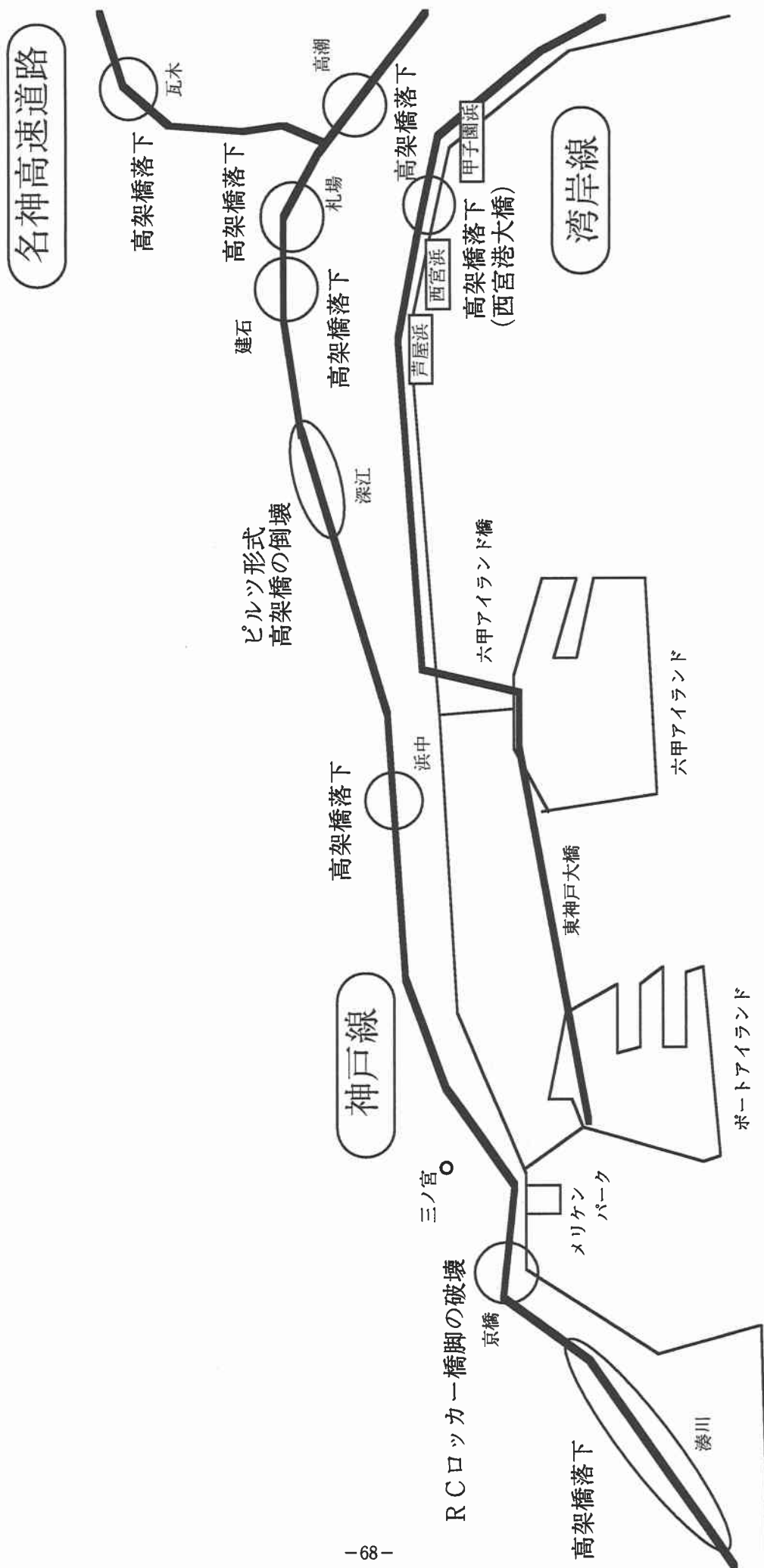


図1 道路施設と主な被害位置





写真-1 RC橋脚のせん断破壊（神戸線）



写真-2 RC橋脚基部の破壊（神戸線 甲子園付近）

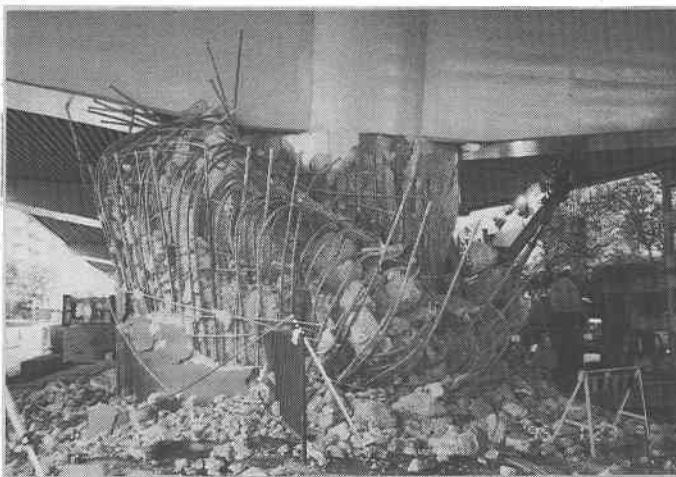


写真-3 RC橋脚の圧壊（神戸線 西宮建石交差点付近）



写真-4 ピルツ形式RC橋梁の倒壊（神戸線 深江地区）



写真-5 ピルツ形式RC橋梁の倒壊  
（神戸線深江地区）



写真-6 2本のRC脚に支えられたT型鋼製橋脚の圧壊  
横ばりも真ん中で折れている  
（神戸線西宮建石交差点付近）



写真-7 鋼製ラーメン橋脚の局部座屈（神戸線甲子園付近）



写真-8 鋼製単柱橋脚の局部座屈。ペンキのはがれている所がはらんでいるが、ほぼ全周にわたっており、ちょうちん座屈といえるもの（神戸線JR兵庫駅そばのランプ）

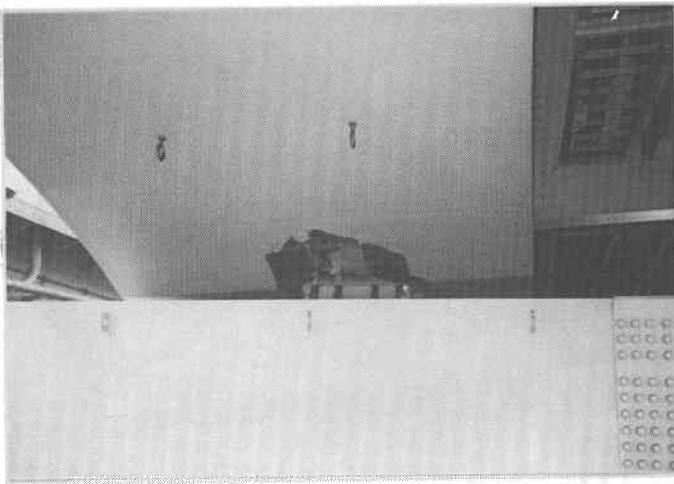


写真-9 桁が支承からはずれボックス桁に支承がくい込んでいる（神戸線甲子園付近）



写真-10 桁の橋軸直角方向の移動により下フランジがめくれている（神戸線青木交差点付近）

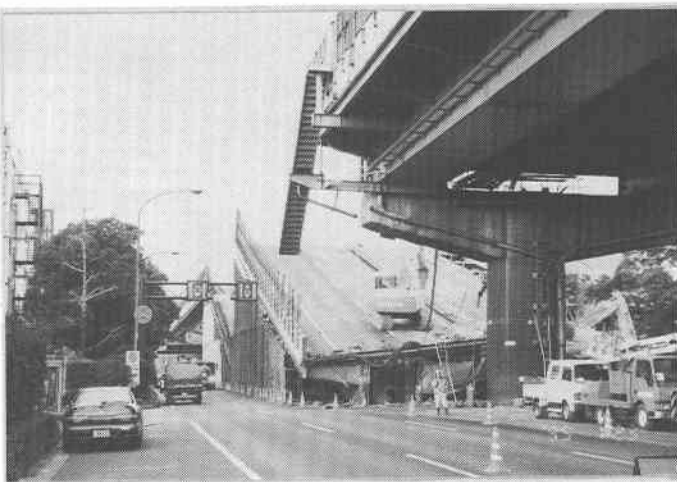


写真-11 桁の橋軸方向移動により押し出されて落橋  
落橋防止装置、支承は破壊  
（神戸線西宮市本町交差点）



写真-12 西宮港大橋基礎の海方向への移動により  
落下したアプローチ桁 (湾岸線)

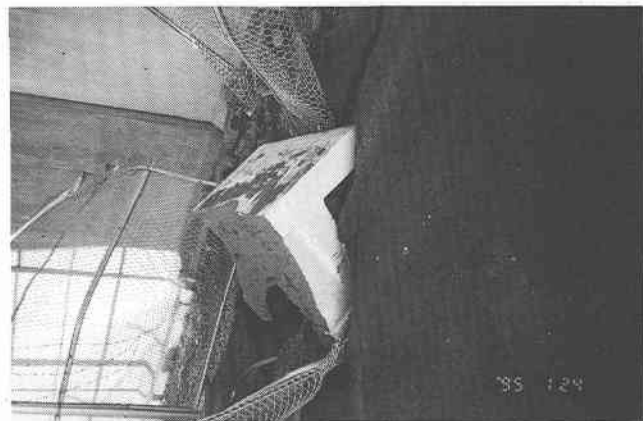


写真-13 固定支承の上シューが半分に分れた。写真は  
地上に落ちた片割れ (湾岸線西宮港大橋)



写真-14 東神戸大橋のペンデル支承 (神戸側)  
受け部 (ウェブ) の破断  
(湾岸線)

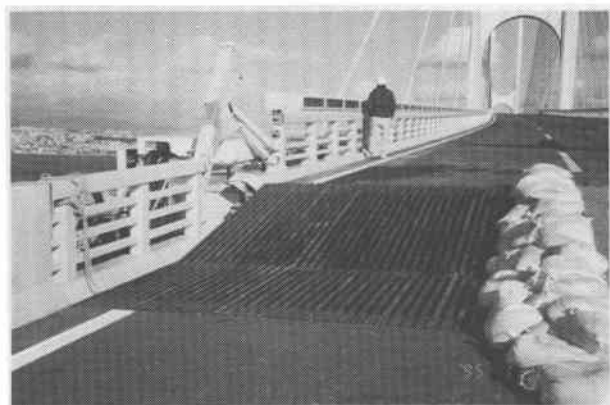


写真-15 アップリフトを抑えるペンデル沓が切れたため、  
側径間が持ち上がり、伸縮装置が破損  
(湾岸線 東神戸大橋)



写真-16 破断したペンデル支承の下の中間橋脚、端橋脚に生じた  
横ばりのせん断座屈 (湾岸線 東神戸大橋)



写真-17 落橋寸前の橋桁  
(湾岸線 六甲アイランド橋)

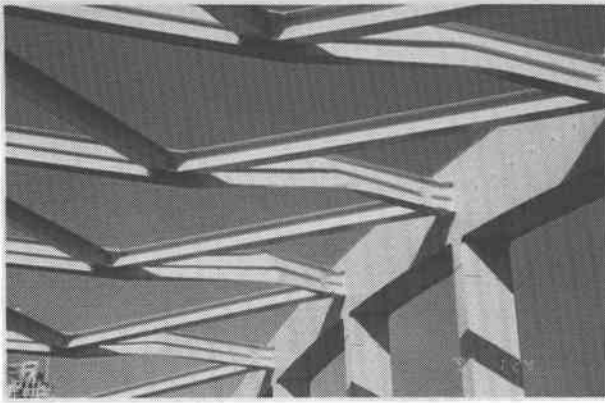


写真-18 上構構水平材斜材の座屈  
(湾岸線 六甲アイランド橋)

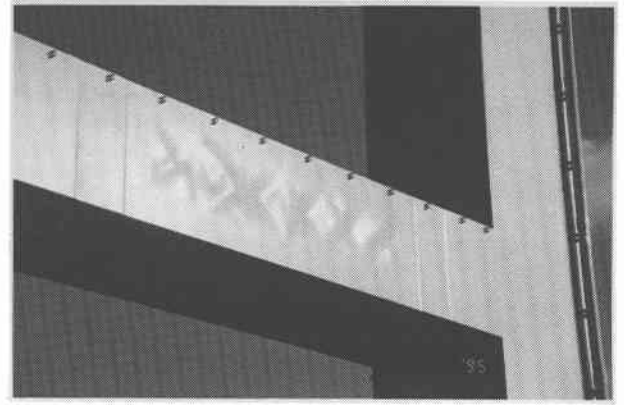


写真-19 鋼製ラーメン橋脚のせん断局部座屈の例  
(湾岸線 新芦屋川大橋)

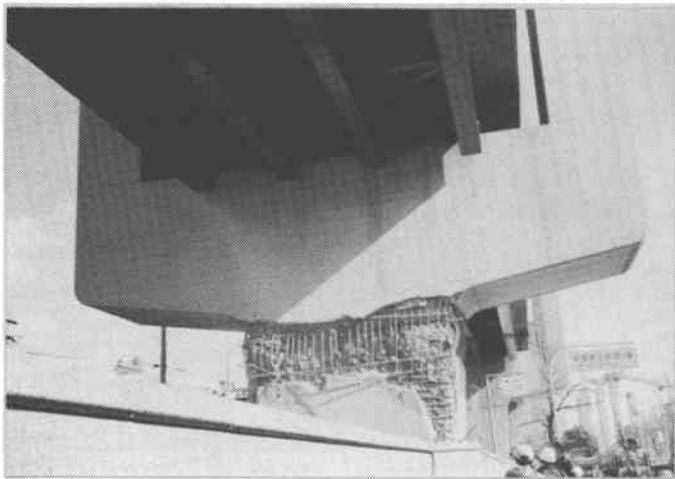


写真-20 ラケットタイプの二層ラーメンRC橋脚の曲げ破壊  
(神戸市ハーバーハイウェイ 小町浜町)



写真-21 ロッキングピアの倒壊とRCホロースラブ桁の落下  
(日本道路公団、名神高速道路瓦木西)



写真-22 鋼製T型橋脚の圧壊  
前後(東西)の北側のRCT型橋脚は倒壊している  
(国道43号線の国道2号線との立体交差 神戸市岩屋)

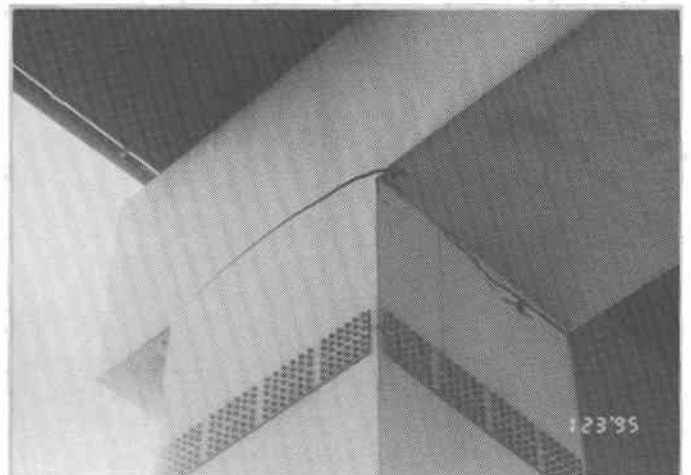


写真-23 鋼製ラーメン橋脚のはりと柱の隅角部に生じたき裂  
ほぼ全周にわたっている  
(神戸市ハーバーハイウェイ 灘区摩耶第1突堤付近)