



震災文庫 11 - 50

は じ め に

代表取締役社長 片 瀬 貴 文

最初に、今回の震災で尊い命をなくされた数多くの方々のご冥福を祈り、甚大な被害を受けられた被災地の皆様に衷心よりお見舞い申し上げます。

また不眠不休で素早い対応をされた関係の皆様のご努力に、深い敬意を表します。

★ ★ ★ ★ ★

今回の地震災害で、われわれの住み働いている地域は、大きな被害をこうむった。同時に、自然とまじわりながら生きる人間として、何物にも代えられない貴重な経験を得た。物質的なものにとどまらず、精神的なものまで、有形、無形、数え切れないほど多くの教訓を得ることができた。

この教訓を真摯に受け止め、記録に残して後輩たちに語り伝え、これからのより質の高い社会造りに生かせていただきたい。

このような目的と使命感とで、この報告をまとめる。

★ ★ ★ ★ ★

1995年1月17日5時46分、阪神・淡路大震災が発生した。

私はベッドの中の夢うつつの体験だったが、真っ暗なマンションの空間に家財道具が飛び交い、カクテルシェーカーに入った感じだった。振動が収まり自分に戻った時、生きることの尊さと同時に、自然に対する人間の弱さ、人生のはかなさを痛感した。

被害状況がわかるに連れ「今までの人生はいったい何だったのだろうか。長年積み上げてきたものには、どんな価値があったのだろうか」と、反省や悔悟の念が交錯した。

このような気持ちは、それを体験した人でないと理解できないだろう。関西では地震の体験談に対して「東京の人はわかってくれない」との声が聞かれる。戦争体験世代が「若者に戦争の話をしてもらえてもらえない」歯がゆさを感じると同じかもしれない。

★ ★ ★ ★ ★

しかし今回の経験は「初めて」であっても、「すべて」ではない。まだまだ未体験のものが多いためである。例えば

- ① 発生時間。もし通勤時、勤務中、退勤時等に発生していたならば、社会の動きにもっと違ったパターンがあったに相違ない。
- ② 重大な余震がなかったこと。余震や複合的な地震は、過去の事例からして大いにあり得ることだ。
- ③ 長大あるいは高層構造物に影響を与える、比較的周期の長い振動。
- ④ 範囲が比較的狭かったこと。もし大阪や京都が含まれていたらどうなったか。

また関東と比べて、

- ⑤ 地盤の相違。
- ⑥ 都市集中度の低さ。

等々である。

★ ★ ★ ★ ★

このレポートに取り上げられなかった点に対しても、検討すべき課題が残されている。

行政組織を取り上げても、中央依存の限界、中央との意識のずれ、中央の対応の歯がゆさ、災害時における行政単位の規模の妥当性、周辺府県市町村との共同歩調のあり方等々。

その他思いつくままに述べれば、道路利用の無秩序さ、交通ネットワークの不完全さ、災害を想定した社会資産配置計画の不足、社会の体質がますます脆くなっていることへの自覚の少なさ、等々。

予測において多くの要素が想定されても「それはあり得ないことにすべきだ」と、半ば意識的に見逃した、つい自分で自分を偽っていた悔悟もある。

しばらく続いた地震の空白期間に、われわれは軟弱地盤地帯に超過密な巨大都市群を造った。その典型が阪神であり、関東である。このような環境を残し、いくら防災対策を考えても、最悪の大震災を防止するには無力感が残る。根本的対策は、一極集中の排除だろう。

これら問題点は、時間の経過と共に意識の風化から、忘れられる危険がある。

★ ★ ★ ★ ★

災害直後における会社は、何よりも社会要請に対する機敏な対応を考えた。災害第一線の状況はなかなか把握できないうえ、交通網や情報網が不完全である。そのためにあらゆる要請に対して万全な行動ができるよう、まず第一線に対して権限の委譲を行った。

災害時の組織として必要なのは、各構成メンバーが独立して行動でき、それぞれの状況に応じて機敏かつ適正に自ら判断し対処できる、応用動作に優れたアミーバ型のものである。そのためには平素から自律的に「今自分のなすべきことは何か」を判断でき、行動できる力を各人がつけておくことが必要である。これが危機管理としての基本であり、マニュアルや権限集中方式以前に必要であると思われる。

しかし反省点も少なくなかった。その最たるものは情報伝達の悪さである。とくに通信網が平常に機能しない場合の対応について、平素から考えておく必要がある。また交通機関が麻痺しても必要な行動ができるように、いざという場合の対応を考えておかなければならない。

★ ★ ★ ★ ★

今後わが国における地震の可能性については多言を要しない。プレート間地震は21世紀の遅くない時点ではほぼ確実に発生すると予測されており、直下型地震も多くの地域でいつ発生しても不思議でない状況下にある。われわれは限られた時間で対応策を講じなければならないのである。

復興と災害対策には、世界の注目が集まっている。われわれは世界に誇り得る質の高い社会造りを目指し、新しい一歩を踏み出したい。

CFK ネットワーク 震災特集(Ⅰ)

— 阪神・淡路大震災の発生と対応 —

〔目次と執筆担当部〕

はじめに	社長
1. 阪神・淡路大震災による被害と影響の概要	
1.1 地震の発生と被害の概況	企画室…… 1
1.2 交通への影響	計画設計部／第4設計部…… 9
1.3 わが社の対応	営業本部…… 16
2. 地盤災害	調査技術部…… 23
3. 鉄道の被害と緊急対応	第2設計部／第3設計部／調査技術部…… 34
4. 道路の被害と緊急対応	第1設計部／第3設計部…… 64
5. 港湾・河川・海岸の被害と緊急対応	第4設計部／調査技術部…… 98
6. 上下水道の被害と緊急対応	第4設計部／調査技術部…… 108
7. おわりに	技術開発室長…… 126

〔参考資料〕 総括グループ（横山・木ノ本・本久）

参考1. 震災発生後の世の中の動き

参考2. 関西地区と地震

表紙写真説明

阪急電鉄宝塚駅周辺立体交叉事業は、昨年9月に完成を見た。設計は、現在適用されている最新の耐震手法で行った、今回の大震災で受けた被害は比較的軽微で、電車の運行には支障が無かった。

この附近は、震度7の分布帯に属していて、周辺の木造家屋の多くは全半壊している。

1. 阪神・淡路大震災による被害と影響の概要

1.1 地震の発生と被害の概況

本久 明*

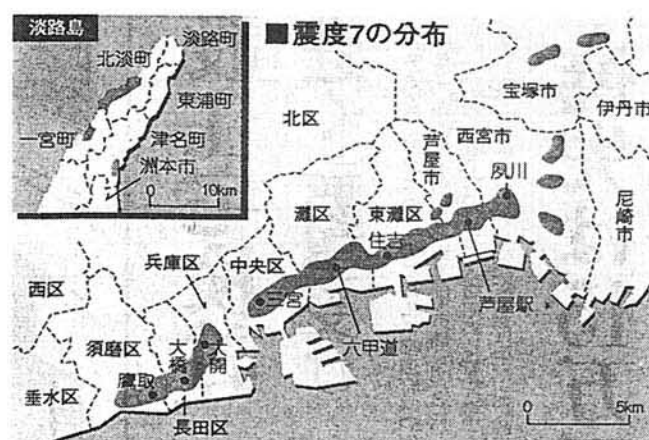
1995年1月17日(火)午前5時46分、明石海峡の深度約20Kmを震源とするマグニチュード7.2の地震が発生し、近畿地方を中心とする広範囲な地域が強い揺れに襲われた。

気象庁が直後に発表した震度階は、図1.1.1に示すように、震源近くの神戸・洲本で震度6（烈震）、京都・彦根・豊岡で震度5（強震）、大阪・奈良・和歌山・津・四日市・岐阜・福井・敦賀・舞鶴・鳥取・境・津山・姫路・岡山・福山・呉・高松・多度津・高知・徳島で震度4（中震）等であった。その後、建物の倒壊率を現地調査した結果より、20日には神戸市中央区三宮付近と淡路島北淡町・一宮町の一部計3カ所に震度7（激震）が適用された。さらに2月7日には、震度7の適用地域が、神戸市須磨区から東灘区にかけての各区の一部および芦屋市・西宮市・宝塚市の一部に拡大された（図1.1.2）。これらは、福井地震（1948年、M7.1、福井平野の直下型地震）の被害状況から新たに設けられた震度7の初めての適用であった。



図1.1.1 震度分布図

*技術士 企画室



出典：'95. 2. 8の朝日新聞

図1.1.2 震度7分布図

地震発生当日11時すぎ、気象庁は本地震を平成7年兵庫県南部地震と命名したが、被害の激甚さが判明するにつれて、マスコミは関西大震災や阪神大震災と呼ぶようになり、一般には阪神大震災、政府機関は阪神・淡路大震災と呼称するようになった。

この地震による死者は、5,497名（3月26日現在、警察庁調べ）に達し、1948年の福井地震（死者3,769名）、1959年の伊勢湾台風（死者5,098名）を上回る戦後最悪の大災害となった。

鉄道・道路・港湾・河川・上下水道など都市インフラに甚大な被害が発生したが、その被害状況については次章以下で詳述することとして、ここでは今回の地震とその被害および社会の動きなどの特徴点を要約したい。

①大都市を襲った直下型地震で、近代都市の危うさを露呈

人口や産業の高度に集積した大都市圏を襲った初めての直下型地震で、利便さを高度に求め、効率化へと傾斜した近代都市の脆弱性が暴露された地震であった。鉄道網が寸断され、神戸港はほとんどの埠頭が使用不能となり、幹線道路網は緊急車両のみに

通行制限しても大渋滞が解消されず，幹線交通体系が神戸・阪神地区で機能麻痺に陥った．また，生活街路も各所で倒壊建物の瓦礫で通行不能となり，電話は輻輳状態で極度にかかりにくく，電気・水道・ガスが絶たれて，最盛期で30数万人もの人々が避難所生活を余儀なくされた．マスコミには震災難民の言葉さえ登場した．



写真1.1.1 山陽新幹線高架橋が崩壊

この地震を契機に，1極集中の機能的効率的都市のあり方が問題視され，都市機能の分散と，フェイルセーフでリダンダンシーのある災害に備えたハード面での都市づくりとともに，防災計画における災害時の初動態勢・応急態勢の見直し，危機管理態勢の再構築などソフト面での対応改善が，被災地はもとより全国各地で改めて推進されることとなった．



写真1.1.4 側方移動と沈下で海中に没したハーバーランド西側の護岸



写真1.1.2 横転した阪急電鉄高架橋（西宮北口・夙川間）



写真1.1.5 緊急物資輸送車両などで大渋滞する国道2号（1月18日，尼崎市内）



写真1.1.3 横転した阪神高速道路（東灘区魚崎本町付近）



写真1.1.6 駐車ビルが道路上に崩れ落ち，通行止めとなる（JR芦屋駅南側）



写真1.1.7 避難車両で渋滞する生活街路
(1月18日, 芦屋市内)



写真1.1.8
全壊した家屋
で通行不能と
なった生活街
路(1月18日,
芦屋市内)

②活断層による内陸型地震で、上下動と水平動が拮抗

阪神・淡路大震災は典型的な内陸の直下型地震で、活断層の動きにより引き起こされた。震源の近くでは、淡路島北東部の野島断層の右横ずれ運動が地表でも認められた。野島断層の延長は約9 kmに及び、断層線を境にして水平方向へ最大1.2m、鉛直に最大0.5mのずれが生じた。明石海峡付近でも、震源をはさんだ海底に新たな断層が発見されている。また、六甲山山麓の断層群の一部も動いたと考えられているが、その位置の特定までには至っていない。数百年から数千年に一度という活断層の動きが地震となり、日本全国に活断層が走っている。この地震を契機に、世間一般に活断層への関心が高まり、防災計画策定の基礎調査として活断層の調査

に着手する自治体も出てきた。

今回の地震では、地震記録が多く得られたことも特徴である。関西地震動観測研究協議会（委員長土岐憲三京都大学工学部教授）では、兵庫県・大阪府下等の10カ所に地震計を展開し、1994年より観測を開始していた。震源に近い神戸大学での記録では、岩盤上で上下動446.5gal、水平動269.8gal（南北成分）、305.3gal（東西成分）の記録が得られた。この直下型地震特有の水平動を上回る上下動が、未曾有の構造物被害の一因ではないかとの見方も出され、上下動が構造物に与える影響の解析と耐震設計への反映が待たれることとなった。

③早朝に発生した地震で、死傷者の多くは建物内での圧死

今回の地震は冬期の5時46分という早朝に発生し、市民の多くが就寝中であつたこと、直下型地震のために初期微動がなくいきなり本震が襲つたことなどから、倒壊建物や転倒家具の下敷きとなって圧死した人が多数にのぼつた。反面、業務や通学などが未だ本格化する前の時間帯であつたことから、鉄道・道路の利用者や、ビルの倒壊による死傷者は幸いにして少なかった。例えば、山陽新幹線では高架橋が落橋したが、始発列車の運行直前であつたために、列車の重大事故は回避できた。阪神高速道路は約630mに渡って直下の国道43号上に横転したけれども、高速道路・国道ともに通行車両は少なく、事故に巻き込まれた車両は極く少数であつた。この地震が午後5時46分に発生しておれば、人的被害の現れ方は全く違ったものとなつたであろう。

災害は進化する。自然現象としての災害の素因自体が、発生規模・場所・季節・時刻等々種々であることに加えて、災害の誘因たる人間の営みが時代や場所とともに変化することから、災害の具体の現れ方は種々に変化する。最新の科学的知見に裏打ちされた想像力を逞しくして、多面的・長期的・総合的に災害に備えなければならない。

④瓦屋根の老朽木造家屋の被害が顕著

トップヘビーな構造物に被害が顕著であった。社寺の建物は屋根が重たく、壁が少ないことから、屋根が地表につくまでに全壊したものが多く見られた。一般住宅では、スレート屋根のプレハブ住宅には被害が少なく、重い日本瓦の老朽化した木造家屋に被害が目立った。情緒にあふれた純日本建築の家屋



写真1.1.9 全壊し、屋根が地面についた木造民家
(西宮市上田市付近)



写真1.1.10 木造民家が倒壊し、電柱も破損
(西宮市昭和町付近)



写真1.1.11 1階駐車場部が全壊した木造商店

や、神戸特有の洋館に多くの被害が及んだことは、特に痛ましかった。倒・損壊した家屋数は、109,464棟（2月15日現在）に及んだ。

外見的には被害の少ない家屋と、全壊家屋が隣接していることも珍しくなかった。自然現象である地震は、遠慮会釈なく冷酷に弱点を突いてくる。安全対策に抜かりがあってはならないことが痛感された。

⑤鉄筋コンクリート建築物等にも多くの被害

高層建築物には被害が少なかったが、8階程度以下の建築物には多くの被害が発生した。鉄筋コンクリート造・鉄骨造建築物の被害は、1981年の建築基準法改正以前に建てられた建物に多いが、改正後の建物にも被害が若干見られた。ピロティ式の建築物でも1階部分に被害が多く見られた。また、神戸市役所旧館の6階部分が圧壊したように、建物中間階での破壊も目立った。



写真1.1.12 6階部分が圧壊した神戸市役所旧館ビル



写真1.1.13 5階部分が圧壊した神戸市立西市民病院ビル



写真1.1.14
中間階層が破壊した国際会館ビル

⑥地震火災が多数発生し、長時間延焼

地震直後から火災が相次いだ長田区では、3000棟以上、約50haが焼失した。兵庫区でも約100haが焼失した。同時多発型火災で消防能力を越えたこと、防火貯水槽が十分に設置されていなかったこと、水道が断水し消火栓が機能しなかったこと、倒壊建物が道路を塞ぎ消防車が火災現場に容易に到達できなかったこと、密集市街地で延焼防止帯として機能する広幅員道路や公園が少なかったこと、地震で建物外壁が崩れ耐火建物も類焼したこと等々が、広域火災の原因と言われており、兵庫区の火災が鎮静化に向かったのは、地震発生より2日目の18日18時頃であった。

また、電力の復旧後に倒壊建物内での漏電による火災が発生したり、漏れたガスが倒壊建物内に充満し、それに引火して出火するなど、地震に特有の新しいタイプの火災も見られた。一方では、風速が弱く建物が倒壊していたことなどから、延焼速度が極めて遅かったこと、地域コミュニティのバケツリレーで延焼を食い止めたり、公園や街路の樹木が火災に強く、それほど規模の大きくない公園や狭い街路で焼け止まった事例もあり、出火原因や延焼実態の解明とともに都市の防火対策のあり方に多くの課題が浮かび上がってきた。



写真1.1.15 広域火災で焼失した神戸市長田区



写真1.1.16 広域火災で焼失した神戸市長田区



写真1.1.17
電柱が軒並み倒れた芦屋市内

⑦通信が麻痺状態となったことなどから、初動態勢が混乱

地中の通信網や交換機などには被害が少なかったが、電柱の破損や倒壊建物による架空線の損傷などから、約29万回線が通信不能となった。さらに、地



写真1.1.18 電話の輻輳対策で市内各所に設置された特設衛星公衆電話（神戸市役所前）

震による直接被害のなかった回線についても、地震後の安否確認の殺到から電話の輻輳による通信麻痺が大規模に発生し、一般家庭電話はもとより、緊急用電話も極めてかかりにくくなった。この通信の麻痺は、被害の全容把握を困難とした。さらに、行政自体も市役所・警察署や消防署の庁舎が損傷を受け、職員の登庁にも時間がかかるなどのために、被災状況の把握と応急対策に手間取るなど、初動態勢のあり方が問題となり、危機管理能力が問われることとなった。

⑧ライフライン被害は質・量ともに甚大で、その復旧に長時間が経過

電力・水道・下水道・ガス・通信などのライフラインはこれまでの地震では、水道の給水管・ガスの低圧管など末端の管路網に被害を受けることが多く、幹線系の管路網やノード施設が被害を被ることが少なかった。ところが、今回の地震では、幹線系の管路網などにも被害が大規模に発生し、約百万戸で停電・断水となった。また、液状化で噴出した大量の砂が下水管の目詰まりを起こしたり、ガスの低圧管に水が進入して復旧を遅らせたり、従来にないタイプの被害も発生した。

一方で、神戸市水道では配水池に設けられた緊急遮断弁が有効に作動し、応急給水用水源として機能したことが特筆される。広範囲なネットワークを持

つライフライン施設においては、コスト面での制約から末端リンクも含めた全施設の高度な耐震化には大きな困難を伴う。そこで、被害の発生をある程度は許容し、その早期の復旧と復旧までの応急対策で対応することとなる。その応急対策の局面において、緊急遮断弁が威力を発揮し、神戸市水道は必要最低限の飲料水を自前で確保することができた。

また、被害が大規模であったことから、その応急対策や復旧には長時間を要した。現代の都市生活は、電力・水道・ガス等のライフラインに高度に依存していることから、損壊した建物の住民ばかりでなく建物に被害の少なかった人も避難所生活を余儀なくされた。その数は、約32万人に及び、兵庫県下だけで1,092カ所の避難所が設けられた。

⑨鉄道・道路・港湾・建物などに甚大な被害が発生

新幹線・高速道路の倒壊、液状化や地盤の側方流動による岸壁の損壊、中・低層鉄筋コンクリート建物等の損傷など、阪神・淡路大震災は土木・建築構造物に未曾有の致命的な打撃を与えた。「関東大震災級にも堪える世界一地震に強い構造物」という「安全神話が崩壊した」とマスコミに叩かれ、土木技術者としては忸怩たる思いを味わうこととなった。

この地震を契機に、土木学会・建築学会や各省庁に委員会が多数設けられ、被害原因の究明と耐震設計や耐震対策の抜本的見直しがスタートした。



写真1.1.19 阪急今津線上に落下した山陽新幹線



写真1.1.20 山陽新幹線武庫川橋梁の損傷（鉄筋段落
ち部にクラック，鉄筋が圧接部で破断）



写真1.1.21 山陽新幹線高架橋損傷部



写真1.1.22 阪神高速道路（西宮市今津久寿川町付近）



写真1.1.23 海中に没したハーバーランド南側の階段
式護岸

⑩交通網が寸断され，物流・人流への影響が西日本 全体へと拡大

神戸・阪神間地域は，大阪湾に臨む六甲山山麓の
带状地帯であり，幅2～3 Kmの中に，山陽新幹
線，JR東海道・山陽本線，阪急電鉄神戸線，阪神
電鉄本線と，阪神高速道路神戸線・湾岸線，国道43
号，国道2号が並走している．これらの陸上交通の
内，鉄道全てと阪神高速道路が通行不能となり，神
戸以西の西日本各地と大阪以东との物流・人流が遮
断され，経済的影響は西日本を中心に全国各地に及
んだ．

また，神戸港も岸壁・クレーン・上屋に甚大な被
害を受けて，港湾機能が完全に麻痺した．神戸港は
東アジアのハブ港としての役割を担っており，その
機能停止は日本ばかりでなく，アジア各地の経済活
動に影響することとなった．

一方で，大阪空港と関西国際空港の被害は軽微で
あり，航路が国土幹線系の代替ルートとして大きな
機能を発揮した．

⑪全国各地から救援

震源付近での被害は激甚であったが，マクロに見
れば被害地域は限定されていた．兵庫県に隣接する
大阪府下でも豊中市や大阪市の西部では被害があっ
たが，神戸市や阪神間地域ほどではなく，これらの
周辺地域を始めとして全国各地から被災地に救援の
手が差しのべられた．消防・警察・水道・ガスなど
の行政や公益企業体からの救援ばかりでなく，民間
ボランティアの活動も極めて活発であった．兵庫県
によると，3月21日までに延べ約1,035千人，最初
の1カ月は1日平均2万人のボランティアが活躍し
た．救援物資・義援金も全国各地から寄せられた．
特に，日本ではこれまで目立った活動のなかった民
間ボランティア，それも若者の自主的活動が目立
ち，戦後最悪の災害の中に一筋の光明となった．



写真1.1.24 応急給水に、他県からの救援部隊が活躍
(西宮市内)



写真1.1.25
深夜の特別列車で運んだ瓶詰飲料水の配付(1月21日、JR甲子園口駅)

⑫世界各国に地震情報が伝えられ、各国が支援活動

阪神・淡路大震災は近代都市を初めて襲った直下型地震として、世界の関心を呼び、震災発生当日から生々しい被災地の窮状が米CNNなどにより地球規模で報道された。そして、スイス・英国を初め各国の災害救助隊と救助犬が被災者救出に派遣され、米国からは連邦緊急事態管理庁(FEMA)のウィット長官が自ら現地を訪問し、復旧から復興に向けての助言を行った。また、災害見舞金が各国から寄せられ、とりわけ隣国の韓国から多くの支援の手が差しのべられた。

なお、震災の発生した1月17日から20日にかけて、大阪市国際交流センターで日米都市防災会議(主催:地域安全学会、共催:米国地震工学研究協

会、実行委員長:村上處直横浜国立大学教授、運営委員長:亀田弘行京都大学防災研究所教授、事務局:筆者)が開催された。本会議は、『きたるべき地震に備えて』を大会テーマとしており、南関東・東海地方に偏しがちな都市地震防災への関心を、全国とりわけ関西に広げようと意図していた。大会には日米の都市防災に係わる研究者・実務家が参加しており、18日には当初予定を変更して日米共同の現地調査が実施された。地震防災の先進国である両国の研究者が共同して、発災2日目の被災現場を調査することはたぐい稀な機会であり、両国における地震防災研究の連携が一層強化、進展するものと期待される。大会最終決議でも「被災直後の状況を日米で調査した共通体験を今後の都市地震防災に活かすこと、次回の会議をできるだけ早く開いてその総括を行うこと」が確認された。



写真1.1.26 全壊した白鹿酒造記念館を視察する日米都市防災会議の一行(1月18日)



写真1.1.27 海路で神戸市高島岸壁に到達した日米都市防災会議の一行(1月20日)

1.2 交通への影響

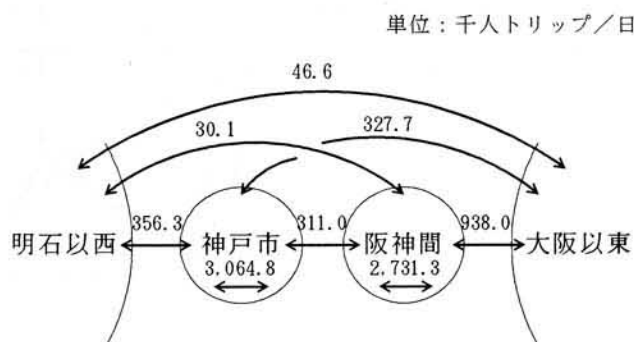
1.2.1 陸上交通への影響

八尾克弘* 塚本悦男**

(1) 概要

阪神・淡路大震災による被災地域では、高速道路や鉄道高架橋の倒壊、駅施設の損壊、等に代表される各種被害を受け、地震発生の1月17日以降相当期間の交通マヒ状態が続き、復旧が進んだ現在（4月末）も機能回復は十分でない状態にある。

大震災が発生する前の都市活動を「人」や「物」の動きに着目して概観すれば図1.2.1、図1.2.2のとおりである。

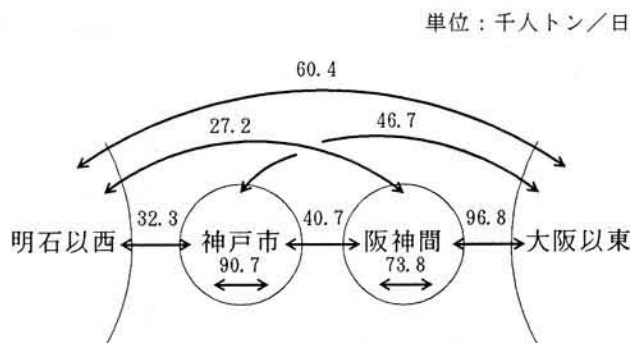


(注1)平成2年度(1990)第三回京阪神都市圏パーソントリップ調査報告書より作成

(注2)京阪神都市圏内の流動のみが対象

(注3)阪神間は、尼崎市、西宮市、芦屋市、伊丹市、宝塚市、川西市、三田市、猪名川町の7市1町

図1.2.1 神戸市・阪神間地域の「人」の流動



(注1)昭和60年度(1985)第二回京阪神都市圏物資流動調査報告書より作成

(注2)京阪神都市圏内の流動のみが対象

(注3)阪神間は、尼崎市、西宮市、芦屋市、伊丹市、宝塚市、川西市、三田市、猪名川町の7市1町

図1.2.2 神戸市・阪神間地域の「物」の流動

神戸市および阪神間地域の「人」の動きはそれぞれ406万人トリップ／日、401万人トリップ／日もあり、居住人口1人当り1日に3トリップ弱となる。このうち、約半分が鉄道、バス、自動車の利用者であり、約半分が徒歩や二輪・バイク利用者であることから、都市活動における交通機関への依存度は非常に高かったといえる。

人の動きと同様に「物」の動きをみれば神戸市21万トン／日、阪神間地域24万トン／日であり、仮に貨物自動車に平均1.5トン／台の積載とした場合、30万台／日の交通量となる規模である。ちなみに、大阪・兵庫断面は20万トン／日であるので、同様に1.5トン／台と考えれば約14万台／日の貨物自動車台数となる規模である。

以上のような都市活動に伴う「人」、「物」の動きそのものが大震災によって瞬間的に停止したが、その後、交通施設等ライフラインの復旧に伴い従前の都市活動が回復する度に「人」、「物」の動きも徐々に活発化しつつある。

以下には、陸上交通が受けた震災の影響の概要を示す。

兵庫県南部地震による被害地域のうちで、陸上交通網が寸断され、その影響が大きかった神戸・阪神間地域は、大阪湾に臨む六甲山麓の帯状地帯である。図1.2.3に示すように山陽新幹線、JR東海道・山陽本線、阪急電鉄神戸線、阪神電鉄本線と、阪神高速道路（神戸線、湾岸線）、国道43号、国道2号等が東西方向に並走している。

一方、六甲山系を越えて神戸市北区、西宮市北部地区、三田市などと連絡する南北路線としては、神戸電鉄有馬線、北神急行電鉄、阪急電鉄今津線、JR福知山線と、新神戸トンネル、六甲山トンネル、芦有道路、西宮北道路、国道171号、国道428号等がある。

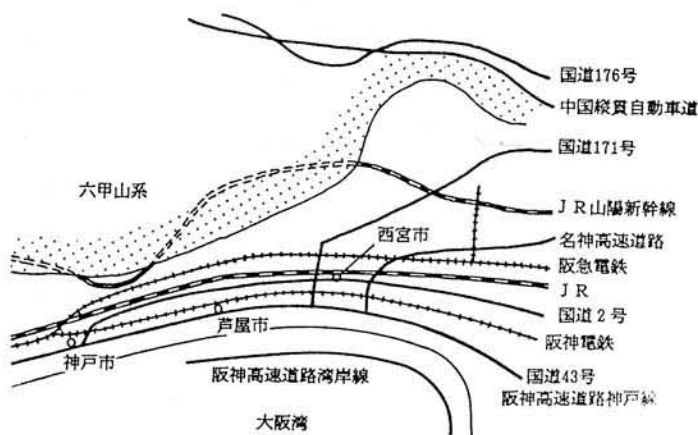


図1.2.3 神戸・阪神間地域の主な道路

地震は、これら大部分の鉄道・道路を瞬時にして通行不能としてしまった。その後、図1.2.4、図1.2.5に示すとおり地震直後は不通区間が多かったが、順次復旧が進んだ。

地震発生からの交通への影響は概ね次のようであった。

地震発生直後は、

- ・緊急救助・消防活動の車両が自由かつ迅速に動けない。
- ・生活必需品などの救援物資を適時適所に搬送できない。
- ・通勤・通学などの行動ができない。

状況であったが、時間の経過と共に

- ・復興物資の搬入あるいはガレキなどの撤去活動に多大の時間を要する。
- ・被災地を通過する人流・物流が制限され、西日本を初めとして全国に経済的影響を及ぼすようになる。
- ・海上輸送での対応が必要となる。
- ・空路の臨時便の増発や大阪空港の夜間発着時間の延長が必要となる。

のように状況は変化してきた。

これらの影響はすべて鉄道・道路の不通、さらには通行可能な道路の交通渋滞によるものであった。

そこで、ここでは陸上交通への影響として、地震のあとの交通施設の復旧状況及び交通の実態を概観することとした。

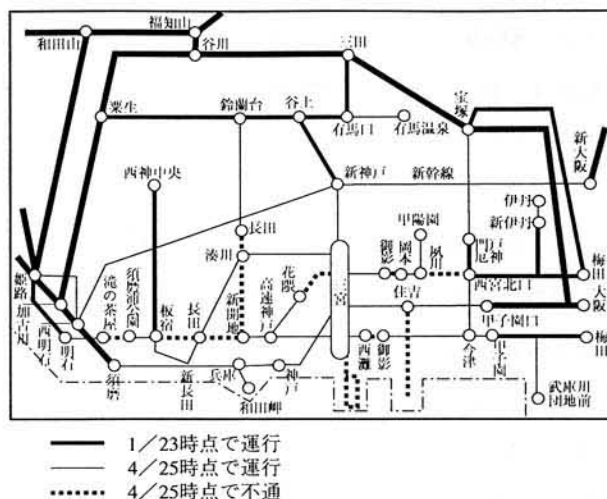
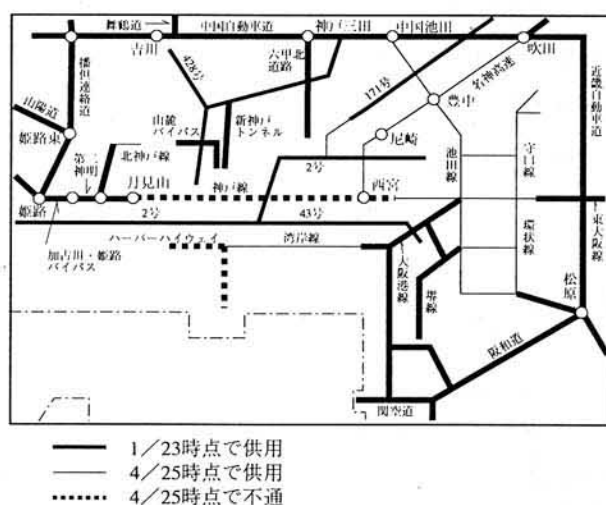


図1.2.4 鉄道の運行状況の変化



(注) 片側通行や通行規制のある場合も供用としている。

図1.2.5 道路の供用区間の変化

(2) 道路交通の状況

道路交通量の被災前後を比較する形でみれば表1.2.1に示すとおりであり、東西方向の交通量は道路の通行止めや交通規制により交通量が大幅に減少しているが、南北方向の道路は、神戸市に流入する迂回ルートとして利用されたため交通量が増加している。

震災の影響を交通量で捉えれば以上の状況であるが、道路交通への影響を具体的に示せば以下のとおりであった。

① 地震直後の状況

地震直後の道路は、

- ・着のみ着のままの被災者のとりあえずの避難場所

表1.2.1 神戸・阪神南部の断面別交通量

	被災前 (H6.9)		被災後 (H7.2.1)	
	路線数 (平面+専用)	交通量 (万台)	路線数 (平面+専用)	交通量 (万台)
武庫川断面	6 (3+3)	33.4	4 (3+1)	14.2
芦屋川断面	4 (2+2)	25.4	2 (2+0)	6.6
須磨断面	2 (1+1)	13.7	1 (1+0)	2.9
六甲山断面	2 (0+2)	4.7	2 (0+2)	6.8

(注1) 断面に含まれる対象路線は主要な幹線道路のみである。

(注2) 土木学会震災調査資料等をもとに作成。

- ・消防自動車や救急車の通行路
- ・親類・知人等の安全確認や救援活動のための一般車の通行路

のように、情報が乏しい中で全体を把握できないままにとりあえず身近な自動車やバイクをたよりに移動する人達で混然としていた。

その人達は、大火災のすぐそばにもかかわらず、延々と渋滞が続く中で危険をかえりみず、自動車を運転せざるを得なかった人達、ケガ人を載せて病院を探す人達、倒壊家屋で行止まりの道路を目的地目指して右往左往する人達、余震の続く中いつ橋桁が落ちるか分からない状態でも自動車を運転せざるを得なかった人達などであった。大阪と神戸を結ぶ幹線道路は国道2号のみが通行可能であったため、ここに車が集中して大渋滞となったが、単なる渋滞ではなく、例えば夙川渡河部では橋の取り付け部で30～50cmもの段差が生じ、車道が使用できず歩道を車が走行したが、その歩道にもバイク等が混在したため、渋滞をよりひどくする原因ともなっていた。

このようなことから大阪府・兵庫県境から神戸市内まで通常20～30分のところが、地震直後には、10数時間かかっていた。

② 交通規制後の状況

被災地では、地震当日より食料や水といった生活必需品が不足あるいは無いといった状態であり、早

期に救援することが当面の課題であった。

そこで、兵庫県公安委員会は、1月19日から適用された災害対策基本法で、1月20日から国道2号の大阪・神戸間、また加古川・姫路バイパスを緊急輸送専用とし、一般車両の通行規制を行った。

このような通行規制は国道43号や中国縦貫自動車道等にも拡大し、救援や復旧作業に拍車がかかった。

交通規制が始まった頃より、被災地以外では通常の経済活動も始まり、被災地周辺を通過する国道176号などでは被災地を避けた車が集中し、終日大渋滞するようになり、物流の制約による経済影響は西日本を初めとして全国各地に及んだ。

さらに、被災地では十分な救援物資が届かないことから、被害の少なかった三田方面などに買い出しに行くなどの動きが出始めたため、山越えの南北ルートも大渋滞が生じた。

交通規制は、当初は緊急の救援、救助活動を優先させるため、一般車を排除することから始まり、次第に救援、救助のための道路や復興物資の搬送のための道路など、道路の使い分けを行うようになり、さらに今日では一般車通行に対しても時間制限の緩和がなされてきた。

(3) 鉄道交通の状況

東西方向の鉄道利用人数は、概ね阪急電鉄神戸線（西宮北口～夙川）で約21万人／日、阪神電鉄本線（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）、兵庫県・大阪府境界断面上での総利用人数は約65万人にものぼる。

1月17日は、これらの鉄道の全てが不通となったが、大阪と西宮（阪急西宮北口駅、JR甲子園口駅、阪神甲子園駅）の区間は翌18日に開通したため、1月23日には、西宮と三宮間で代替バスが運行するようになり、時間はかかるものの電車とバスの

乗り継ぎで大阪と三宮が結ばれた。また、大阪から三宮へは、三田経由で神戸電鉄・北神急行利用により新神戸に至るルートが乗り換えを2回伴うルートにもかかわらず、一時期便利なルートとなった。

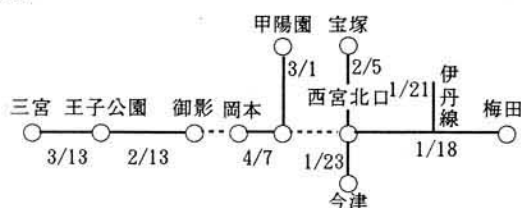
一方、神戸と明石等西方面の鉄道交通は、JR須磨駅以西が1/18には開通していたものの代替バスは運行されなかったため、JRでは福知山線、加古川線、播但線などを経由して大阪と加古川、姫路方面を連絡する便を運行するようになった。

神戸市内の鉄道はJRおよび阪神、阪急、山陽の各私鉄が不通であった他、神戸高速鉄道や神戸市営地下鉄も損傷が著しく、都心部の鉄道は壊滅状態であった。また、市街地と埋立地を結ぶ新交通システム（ポートアイランド線、六甲アイランド線）も橋桁の落下等により不通となり、孤島状態となったが、船および代替バスにより公共交通手段が維持されるようになった。

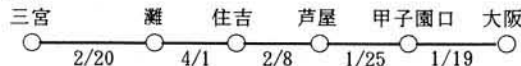
その後鉄道の復旧は当初予定を大幅に短縮し、大阪三宮間を例にとれば図1.2.6に示すように順次開通区間を伸ばし、4月1日には、JR線がいち早く全通し、大阪・三宮間が震災前と同じ時間で結ばれることとなった。

また、約11万人/日の利用者があった山陽新幹線

<阪急>



<JR>



<阪神>

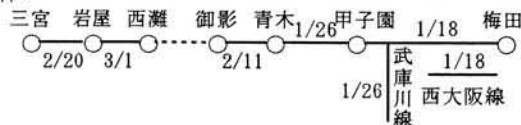


図1.2.6 鉄道の復旧状況

も4月8日には開通した。

鉄道交通への影響としては、通勤・通学その他救援活動などにも大きく支障をきたし、代替バスの運行が開始されるまでは、完全に足がなくなった状態であり、人々は歩いたり、自転車・自動二輪車で行動するようになり、一時は国道2号の歩道が人によって渋滞するほどであった。また、代替バスが開始されてからもバスに乗れるまでの時間、到着するまでの時間が全く読めないなど、通勤・通学・業務等に多大な影響を及ぼしていた。

このように、JRの迂回ルートの設定や代替バスの不安定さをまのあたりにした結果、色々な面で鉄道の有難みが広く再認識されたと思われる。

以上にみたように神戸・阪神間地域の都市活動を支える交通基盤が壊滅状態になり、昼夜を問わない復旧工事にもかかわらず地震後3ヶ月を経た現在でも鉄道の一部（阪神電鉄、阪急電鉄、神戸高速鉄道等）また道路の一部（阪神高速道路湾岸線、神戸線等）は全線供用がなされていない状態にある。一方、臨海部と裏六甲を結ぶ道路はダメージが小さく、比較的早い復旧がなされていることを鑑みれば、臨海部への東西幹線交通軸の集中を是正し、内陸部の東西幹線軸の強化と内陸部と臨海部を結ぶ南北軸を強化してネットワークの多様性（いいかえれば複数の代替ルートの確保）を図る等今後の交通基盤整備に向けての方向性が示唆されたともいえよう。

1.2.2 海上交通への影響

加尾 章*

(1) 概 要

兵庫県南部地震による港湾の被害は、大阪湾を中心として特定重要港湾4、重要港湾3、地方港湾16にものぼり、殆どの港湾において被害があったことを示している。この中で被害が大きく本来の海上輸送機能に支障をきたしたのが神戸港である。

表1.2.2 兵庫県南部地震で被害を受けた港湾

港格 地域	特定重要 港湾	重要港湾	地方港湾
兵庫県	神戸港 姫路港	尼崎西宮 芦屋港 東播磨港	明石港、岩屋港、 浦港、津名港、 洲本港、福良港、 湊港、都志港、 山田港、江井港、 郡家港、江井ヶ島 港、室津港
大阪府	大阪港 堺泉北港	阪南港	泉佐野港
徳 島	——	——	撫養港

神戸港の被害による影響がマスコミ等で大きく報じられているが、その他の港湾でも影響がある。図1.2.7は港湾における被害の影響は港湾の性格により多階層、多方面に及んでいることを示している。

(2) 神戸港の影響

神戸港は、わが国の外貿コンテナの3割を扱う国

際ハブ港湾である。この外貿コンテナ施設の機能停止による影響を、新聞記事などより整理すると以下のようなものがとりあげられている。今さらながら神戸港の機能の大きさと、経済活動への影響の大きさが実感できる。

① コンテナ取扱代替港での混雑

- ・大阪港、横浜港での代替が進んでいるが、この中で大阪港では夜間荷役、日曜日荷役が行われている（毎日、2/5）。また、コンテナヤードに連絡する道路はコンテナ輸送車により渋滞が著しく、他の交通にも影響を与えている（読売、2/14）。
- ・従来コンテナ取扱施設のなかった姫路港においても、神戸港のコンテナを取扱うようになり、在来ふ頭での混雑がみられる（写真1.2.1,2）。

② 港湾間での補完機能の強化の動きが活発化

- ・運輸省では、神戸港の代替港の機能強化の方針を打出し、大阪北港、堺泉北港などの新設工事の前倒しを示した（毎日、2/7）。
- ・兵庫県では、尼崎西宮芦屋港、姫路港に外貿コンテナバースを整備し、神戸港の補完機能を強化する方針を打出している（読売、3/1）。
- ・福井県、京都府では、敦賀港、舞鶴港を日本海經由の外貿コンテナ港として機能強化を打出している。

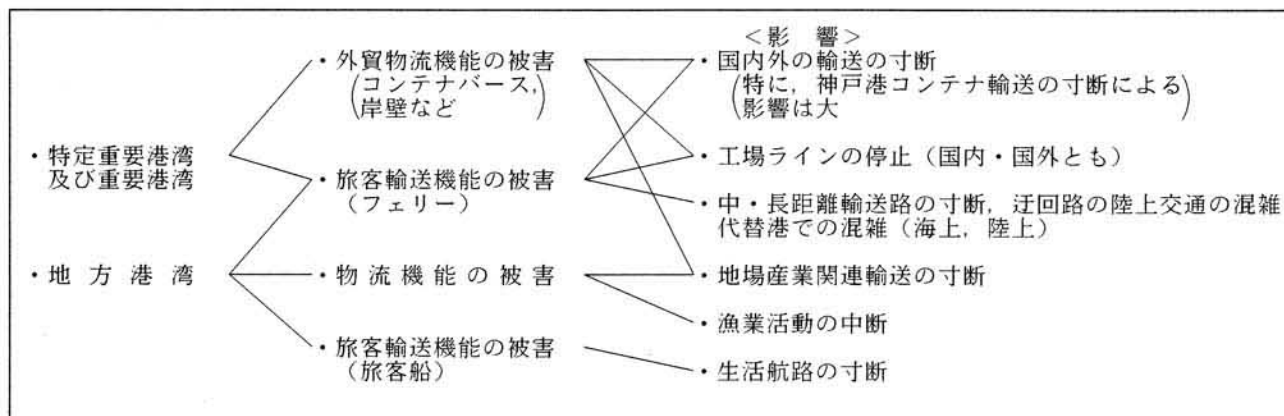


図1.2.7 港湾の被害による影響

*技術士 第四設計部



写真1.2.1 姫路港（須加地区）における神戸港からの振分け貨物の荷役（コンテナ）



写真1.2.2 姫路港（須加地区）における神戸港からの振分け貨物の荷役（自動車）

③ 神戸港のハブ機能の低下による大阪湾全体の物流拠点機能の低下

- ・神戸港の外貿コンテナ貨物は、地震発生後（2週間）68%が横浜・東京へ振替えられた（読売，2/14）。また，神戸港利用企業へのアンケートでも8割以上が神戸港外での利用を行っている（表1.2.3参照）。物流ルートは一度変更されると元に戻りにくい性格をもっているため，これまでに築いた大阪湾の物流拠点としての機能は低下しつつある。

表1.2.3 運輸会社の各港利用状況（利用割合）（%）

港 湾	輸 出		輸 入	
	被災前	被災後	被災前	被災後
神 戸 港	94.3	24.5	87.7	18.4
大 阪 港	52.2	82.4	37.4	70.8
横 浜 港	17.0	40.5	データなし	
名古屋港	22.6	39.0		
東 京 港	13.2	23.9		

4/5 神戸新聞より（神戸商工会議所調べ）

(3) 被災後の港湾の役割

良くない影響だけでなく，港湾としての良い影響（被災後の支援基地として）が表れたのも今回の災害の特徴であった。これは被災地が大阪湾という輸送水域に面していたことによること及び近接して大阪港，尼崎西宮芦屋港など輸送機能を保持していた港が存在していたことによる。今回の被災後における港湾の役割は表1.2.4に示すとおりであり，特に緊急代替輸送における小型船運行が，大きな役割を果たした。これは，今後の港湾計画において考慮すべき事項と考える。

表1.2.4 被害後における港湾の役割

項 目		摘 要
緊急輸送	・生活支援（第1次） （水，食糧等）	・使用可能けい留施設を利用。 （写真1.2.3）
	・生活支援（第2次） （衣料，非常用品， テント）	
	・救援要員 （消防，警察，医療， 自衛隊）	
	・居住整備 （仮設住宅，トイレ）	
代替輸送	・旅客輸送	・最盛期で12定期航路が運航。1月末時点で146千人を輸送。 ・個別企業によるチャーター便も多数あり。 （写真1.2.4）
	・物資輸送	
復旧資材輸送	・ライフライン系資材 （ガス等）	・使用可能けい留施設を利用。
	・建設資材	
避難場所	・一時避難	・尼崎西宮芦屋港でフェリー船，淡路津名港で客船がけい留され利用。 （写真1.2.5）
	・長期避難	
自衛隊等の支援基地 備蓄基地（水，食糧）		・港湾内緑地を活用。 ・給水船が寄港。 （写真1.2.6）
被災地のガレキの搬出		・神戸港，尼崎西宮芦屋港から多数搬出。
消 火 活 動		・消防船が大阪港より寄港。

（注）兵庫県資料をもとに作成



写真1.2.3 作業船による支援物資輸送（神戸港）



写真1.2.5 フェリーによる臨時避難所
（元の青函連絡船，すずらん丸を利用）



写真1.2.4 臨時の客船・クルーザーの運行



写真1.2.6 尼崎西宮芦屋港における緑地利用
（自衛隊の支援参加）

1.3 わが社の対応

木ノ本隆*, 寺尾 猛**

1.3.1 何が起こったのか！被災の当日

百万ドルの夜景を誇るわが国屈指の港湾都市神戸の町が、高級住宅街として知名度の高い芦屋・西宮・宝塚の町が、庶民の町尼崎・伊丹の町が、淡路島北淡町を震源とする「都市直下型地震」に襲われようとは多くの人が予想しなかった。

「まるで爆弾が爆発したような音がして、背中をつき上げられるように感じた。」「ドッドドドーと言う音とともにすごい揺れと轟音」「一瞬何が起きているのか分からなかった」と被災者が述べていたように、早朝かつ寝起きを襲った大地震は、関西の人々を恐怖のどん底に突き落としてしまった。

「下から突き上げてきた衝撃」との証言に代表される「立て揺れ」を伴う直下型地震の被害の全容は日を追うごとに拡大して行く。

1月17日号外	死者	死傷者多数
17日夕刊	死者 439人, 不明	580人, 倒壊家屋 2,135棟
18日朝刊	死者 1,681人, 不明	1,017人, 倒壊家屋 7,876棟
18日夕刊	死者 2,014人, 不明	1,058人, 倒壊家屋 11,719棟
19日朝刊	死者 2,943人, 不明	870人, 倒壊家屋 20,630棟
19日夕刊	死者 3,130人, 不明	884人, 倒壊家屋 21,695棟

(毎日新聞より)

次々と流される報道のなかで、交通施設や公共施設あるいは住宅の壊滅的な被害状況は目を覆いたくなる。鎮火しない火災、地すべり・土砂崩壊による生き埋め現場からの報道はさらに悲惨さと被害の大きさを日に日に人々の目に焼きつけた。特に阪神高

速道路のピルツ高架橋や阪急電鉄伊丹駅の倒壊あるいは土砂崩壊等の報道を見て、多くの社員は土木技術者として事態の重大さをひしひしと感じ、脳裏に「自分はどうすればよいのか！」を立場立場で思い描き、誰もが会社の状態を心配し、すぐ仕事ができるかを案じながら出社の段取りを考えた。

わが社の被害はどうであったか。

17日の被災当日、ズタズタの交通網の中で、被害が比較的軽かった大阪市淀川区に立地する本社にタクシーやバイク・自転車でやっと出社した20人前後の社員は、散乱する部屋の様子を見てさらに事態の重大さを知るところとなった。水浸しの部屋、ロッカーや書庫の転倒、横ずれ、また、まともなロッカーや机でも引き出しが開いて中の書類や資料がほとんど床に散乱している状況を目のあたりにして、地震の大きさを現実視させられた。ちなみにポスト・コンピュータも横すべりでバラバラになり、端末機やパソコン・ワープロ機器がデスクから落下しているものもあり、まずは割れたガラスを拾い始めることが我々の最初の仕事であった。

次々と連絡が入る。交通が遮断されていて出社できない！、今日の入札や現説に行けないので施主に連絡を入れて欲しい！、家族に死者がいる！、家が傾いていて当分身動きが取れない！、公衆電話でやっと電話が繋がった！、ずっと家から電話をかけていたが繋がらなかった！、明日からの打ち合わせの段取りができない！、明日からの入札の延期の状況を確認して欲しい！等々。

そんな中で、11時頃建設省から「橋梁が線路の上に落下している。相談したいのですぐに来て欲しい！」との連絡が入り、部屋を片づける間もなくヘルメットと携帯電話を持って慌ただしく出かける者があった。これが災害対応業務の始まりであって、わが社が果たすべき役割りがいかに大きいかを予告する最初の電話であり依頼要請であった。

*技術士 営業本部 **営業本部

1.3.2 災害復旧依頼の経緯

災害当日から1週間の動きの概略は以下のとおりであり、主にクライアントの技術担当者からわが社の役員や技術担当者に「緊急相談」の形で業務依頼があった。

① 1月17日 震災当日

- ・ 11:00 建設省工事事務所：落橋に伴う点検と検討について依頼を受ける
- ・ 17:00 神戸新交通についての対応方についての依頼を受ける

② 1月18日 震災翌日

- ・ JR関係から復旧の支援体制について依頼を受け、全面的な協力を約束する
- ・ JH関係から落橋対策と橋脚損傷調査についての依頼を受ける
- ・ 兵庫県から落橋の危険性のある橋梁があり、対応について依頼を受ける
- ・ 大阪市交通局から高架橋が破損したので緊急補強を行いたいとの依頼を受ける
- ・ 神戸市交通局や神戸新交通から、多くの駅部や線路部損傷の修復検討とそのためのひび割れ調査、応力度検討を依頼される
- ・ 私鉄数社（阪神電鉄・阪急電鉄・神戸高速鉄道・神戸電鉄・山陽電鉄）から復旧のための支援の依頼を受け、全面的な協力を約束する

③ 1月19日 3日目

- ・ 建設省工事事務所から神戸新交通の落橋及び橋脚損傷の点検と復旧について依頼を受ける
- ・ JRからわが社の実績とその設計図・計算書の提供依頼を受ける
- ・ 兵庫県から前日と異なる場所の跨線橋で落橋の危険性があるので、その対応について依頼を受ける
- ・ 阪神電鉄から目視による被害調査、併せて仮設土留の変状調査と対策の依頼を受ける

- ・ 大阪府都市開発から全線の構造物診断の依頼を受ける

④ 1月20日 4日目

- ・ 建設省工事事務所から高架橋橋脚傾斜の測定依頼を受ける
- ・ 大阪市外郭団体から被災各市の状況調査の依頼を受ける
- ・ 阪急電鉄から「災害復旧検討会」に参加の依頼を受ける
- ・ 南海電鉄から橋梁の健全度と照査の依頼を受ける

⑤ 1月21日 5日目

- ・ 兵庫県の復旧のための測量作業に入る
- ・ 大阪市外郭団体からの依頼による被災各市の状況調査を開始する
- ・ 神戸新交通からの依頼による目視観測調査に入る

⑥ 1月22日 6日目

- ・ 神戸市から下水処理場の損傷調査について依頼を受ける
- ・ 阪神電鉄から隧道の被害調査や擁壁の補強検討の依頼などが相次ぐ
- ・ 阪急電鉄から構造物診断と対策工法の依頼を受ける

⑦ 1月23日 1週間目

- ・ 建設省工事事務所から二次災害防止のための橋梁計測点検調査及び地質調査の依頼を受ける
- ・ JRからトンネル部の中心線測量及び変状調査の依頼を受ける
- ・ 大阪市から被災各市140橋の橋梁点検調査の依頼を受ける
- ・ 神戸市から污水管損傷調査依頼を受ける
- ・ 大阪高速鉄道から橋梁・高架橋の点検調査の依頼を受ける
- ・ 阪神電鉄から倒壊した擁壁の復旧対策の依頼を受

ける

- ・阪急電鉄から高架部の復旧検討と構造物調査の依頼を受ける
- ・大阪市から地下鉄駅の損傷に伴う復旧設計を依頼される

1.3.3 依頼業務の規模と推移

(1) 災害関係業務の従事技術者数

災害関係業務が本格化した19日から1週間の従事技術者数を図1.3.1に示した。

日毎の変化を見ると1月24日の78人が最大であった。

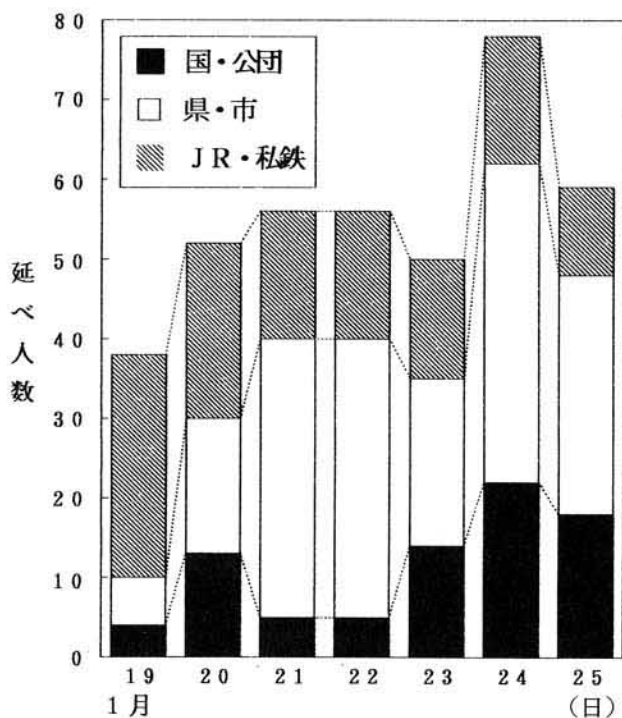


図1.3.1 災害復旧業務従事技術者数の推移
(1/19～1/25)

クライアント別に見ると県・市が138人（39%）、JR・私鉄等が119人（34%）、国・公団が97人（27%）である。被災地の地方自治体を含む県・市からの業務対応人数が若干多く、JR・私鉄等がこれに続いている。

その後は図1.3.2に示すように、2月に入ってから本格化して2月21日の154名がピークであった。

2月末日までに延べ3,800人を越えた。

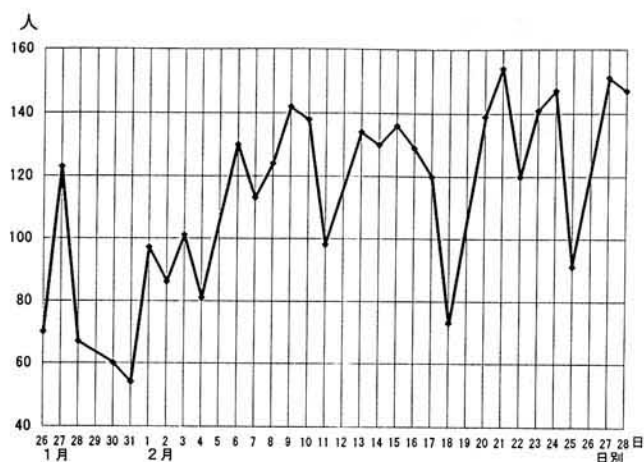


図1.3.2 災害復旧業務従事技術者数の推移
(1/26～2/末)

(2) 依頼件数

1月17日から2月末日迄の1週間単位での延べ依頼件数は表1.3.1のとおりである。

表1.3.1 クライアント別業務依頼件数の推移 (件)

クライアント	国・公団関係	地方自治体	JR私鉄関係	その他	合計件数
1/17～23日	12	11	20	1	44
1/24～30日	6	32	19	2	59
1/31～2/6	7	15	13	2	37
2/6～12日	6	14	9	6	35
2/13～2/19	3	7	5	3	18
2/20～2/末	5	14	6	4	29
合計	39	93	72	18	222

1月23日までの1週間で依頼件数は44件となっている。その内訳はJR・私鉄関係が半数近くの20件あった。

2週間目はさらに増えて59件となった。内半数以上が地方自治体からの依頼であり、JR・私鉄関係がこれに次いでいる。

被災日から2月末までの総依頼件数は222件と

なっており、内地方自治体関係が93件（42％）、JR・私鉄関係が72件（32％）で、この両クライアントを合わせると約75％に相当する165件の業務依頼を受けた。

なお、3月に入っても業務依頼が続いている。

1.3.4 依頼業務の特徴

わが社の業務は、建設コンサルタント業務を始めとして、測量、土質・地質調査、補償コンサルタント業務、建築等多岐に及んでいる。また、構造物点検・構造物診断等の土木・建築構造物に対する健全度調査を得意な商い銘柄の一つとして業務実績を上げてきた。

わが社の商い銘柄をここでは4区分にして、1月17日～2月末までの「災害復旧業務の依頼業務内容の特徴」を以下に記述する。

(1) 計画系業務について

被災後1週間経った1月25日頃から計画系業務の依頼が始まった。

大別して復旧計画と復興計画になるが、復旧計画業務は下記のようなものがあつた。

- ・町づくりのための被害調査と対策の検討
- ・災害復旧の既往事例の収集・整理と計画策定手順の検討
- ・特別立法の動向に関する資料提供
- ・災害に伴う道路計画のための交通量の推計
- ・緊急輸送ルート確保と代替ルートの情報システム化計画

また、長期的視点に立った復興計画には次のようなものがあつた。

- ・復興都市交通計画
- ・災害に強い道路網計画
- ・都市計画道路復興推進調査
- ・復興都市計画図書の作成
- ・災害を考慮したライフラインのあり方の検討
- ・未整備区間内主要交差部の事業計画

これらの依頼業務を分野別・クライアント別に整理すると表1.3.2のとおりである。兵庫県をはじめ、建設省からも多分野に渡って依頼があり、多くの計画系技術者が対応した。

表1.3.2 都市計画・交通計画関係震災関連業務の依頼状況（1/17～2/末）

業務の内訳 クライアント	都市計画		交通計画			ライフライン計画	災害被害調査
	災害復興計画	防災都市推進計画	緊急輸送ルート確保計画	災害に強い道路網計画	迂回路選定と整備課題	災害を考慮した計画	
建設省	○		○		○		
兵庫県	○	○	○	○		○	
芦屋市		○		○			
宝塚市				○			
豊中市		○					
大阪市							○

(2) 道路関係業務について

道路損傷に伴う多くの依頼を受け、1月21日から現地調査を行い、クライアントの要望に応じてきた。

その内容を概略整理すると表1.3.3に示すとおりであり、その特徴を以下に示す。

① 構造物被災状況調査

- ・目視等による被害状況調査
- ・ひび割れ調査
- ・変位調査
- ・計測による被害調査
- ・健全度調査
- ・応力度検討
- ・測量、土質・地質調査
- ・建築物の被害と補償調査

なお、これらの被害調査は、「落橋の危険性」の判断を速やかに求める業務が多かったのが最大の特徴であった。

② 復旧・補強検討と設計

- ・落橋、あるいはその危険性の高い橋梁の計測調査と緊急対策（目視、危険度判定、詳細点検、対策工法、復旧工事費算定、応力度計算等）
- ・橋梁下部工の損傷に伴う暫定補強と復旧対策
- ・道路構造物（擁壁等）の損傷箇所の復旧対策
- ・埋立地内の陥没道路の復旧対策

なお、大阪市の依頼により特に被害の大きかった神戸市、芦屋市、西宮市、尼崎市、伊丹市、宝塚市6市の被害実態の調査を行った。

表1.3.3 道路関係震災復旧業務の依頼状況
(1/17～2/28の集計)

業務の内訳 クライアント	被害調査	健全度調査	橋梁点検	構造物診断	復旧対策	復旧設計	測量	地質土質調査	補償	合計延べ人数
建設省			○	○			○	○		244
道路公団					○	○			○	28
阪神高速			○			○				20
兵庫県			○			○	○	○	○	115
神戸市		○	○		○	○				72
大阪市	○		○							100
尼崎市			○							16
西宮市			○				○	○		49
芦屋市								○		16
高槻市			○							4
合計										664

これらに従事した技術者数は表1.3.3に示すように、測量・土質地質等で200人、被害調査等に350人、復旧対策と復旧設計に100人であった。

また、これらの災害復旧業務は、現在継続しているもの、あるいは「補修・補強設計、架け替え設計」等を実施しているものもある。

(3) 鉄道関係業務について

わが社における鉄道関係業務は、平素から構造物調査と診断、補修・補強検討と設計に少なからず各

クライアントから要請を受けて実施してきた経緯があり、今回の震災にはJRや神戸新交通を始め、阪神間を通る各私鉄ほぼ全社からの支援要請や業務依頼を受けて、1件も断るようなことなく対応してきた。2月末までの依頼内容と技術者の対応人数を表1.3.4に整理した。

① 構造物被害状況調査

- ・目視等による被害状況
- ・ひび割れ調査
- ・変位調査
- ・衝撃振動試験
- ・計測による被害調査
- ・健全度調査
- ・応力度検討
- ・測量、土質・地質調査

② 設計基準等の資料提供

- ・土木構造物設計基準及び地震荷重の数値等
- ・耐震設計に関する資料
- ・わが社の設計実績と設計図・計算書等関係資料
- ・基礎杭の破壊状態の確認方法の資料
- ・建築限界（トンネル等）の資料

③ 復旧・補強検討と設計

- ・線形検討
- ・擁壁倒壊等構造物補強の緊急対策の検討
- ・架道橋倒壊、桁落下等に対する復旧対策、復旧工法の検討
- ・駅舎の復旧・改良案の検討
- ・復旧工法別騒音の比較検討
- ・既往構造物の耐震照査及び安全性確認と対策の検討
- ・新設設計
- ・耐震設計の比較検討及び設計
- ・復旧設計のための測量、土質・地質調査

表1.3.4 鉄道関係震災復旧業務の依頼状況（1/17～2/28の集計）

業務の内訳 クライアント	構造物調査					復旧・補強検討					測 量	土 質・地質調査	合 計 延べ人数
	目視・被害調査	ひび割れ調査	変位調査	計測・点検	健全度調査	応力度検討	線形検討	復旧・補強検討	復旧・補強対策	構造物診断	改良検討・支援		
建設省				○				○					13
地下鉄関係		○				○		○	○			○	220
神戸新交通	○								○				57
兵庫県	○								○				25
大阪府										○			19
J R			○				○			○		○	127
私鉄関係	阪神電鉄								○	○		○	128
	阪急電鉄									○	○	○	144
	神戸電鉄						○				○	○	47
	山陽電鉄									○			22
	神戸高速鉄道								○			○	58
	南海電鉄				○								10
	大阪高速鉄道			○						○		○	126
その他				○						○			53
合計													1049

これらに従事した技術者数は1月17日から2月末までの約40日間で、構造物関係の調査・復旧設計には延べ800人、測量及び土質・地質調査関係では延べ250人、合計1,050人であった。

なお、3月に入ってから復旧のための検討・設計、補強設計や新設を含む詳細設計の依頼が相次いでいる。これらの輻輳する3月～4月に掛けてさらに災害対応業務の件数も従事技術者の人数も増えつつある。

(4) 河川・港湾・上下水道等の関係業務について
河川・港湾・上下水道・地すべり等については表1.3.5に示すような災害対応業務の依頼を受けた。

① 河川・海岸

- ・水門関係の被害に伴う設計
- ・河川護岸構造物の被害状況調査と資料整理

- ・埋立地内の海岸保全施設の被害状況調査と資料整理

- ・上記に関する土質・地質調査及び補償業務

② 港湾

- ・港湾施設の被害状況調査及び資料整理
- ・港湾構造物の修復設計
- ・港湾復旧振興計画の策定
- ・上記に関する測量及び土質・地質調査

③ 上下水道

- ・下水処理場及びポンプ場の被害状況調査及び調査資料の整理
- ・雨水・污水管渠の損傷調査による被害状況把握と調査資料の整理
- ・配水管災害復旧図面作成と数量計算
- ・復旧に伴う測量

表1.3.5 河川・港湾・上下水道等震災復旧業務の依頼状況
(1/17～2/28の集計)

業務の内訳 クライアント	河川関係			港湾関係			上下水道関係		地すべり関係			補償調査	合計延べ人数
	被害調査・設計	土質・地質	補償関係	被害調査・設計	測量	土質・地質	被害調査・設計	測量	被害調査・設計	測量	土質・地質		
兵庫県	○	○	○		○	○			○				617
神戸市						○	○						290
J R						○						○	144
大学				○									40
播磨町								○					4
豊中市									○	○	○		125
合計													1230

④ 地すべり

- ・地すべり崩壊被害の調査及び対策
- ・地すべりによる家屋復旧対策
- ・住宅建設調査
- ・これらに関わる測量、土質・地質調査

これらの業務には2月末現在で1,200人を越す技術者が当たってきた。河川・港湾・上下水関係の被害は広範囲で、測量、土質・地質調査、建設コンサルタント及び補償コンサルタント等の専門技術者を組み入れた対策チームが必要であり、1業務あたりの従事技術者の人数が非常に多いのが特徴的であった。

1.3.5 あとがき

被災翌日から、営業本部が「災害対応業務連絡窓口」として機能し始め、その後「災害対策本部」としての位置付けの中で全社の中核部門として営業的調整機能は言うに及ばず、技術本部や各事業部との連絡調整機能を果たしてきた。

18日には各事業部単位で、「震災対策会議」が持たれて、社の方針が確認された。その要旨は以下の点であった。

1. クライアントからの依頼は絶対断らないこと。
(非常事態との認識にたってできる範囲で依頼に応えよ)
2. 部長の即断即決を原則として速やかな対応を取ることを。
3. 手持ち業務の影響についてはそれぞれのクライアントに相談をして理解を得、遅滞なく対応すること。

これまで示した災害復旧のあらゆる行動と依頼業務への対応を通して、会社として・組織として反省すべき点が全くなかった訳ではないが、おおむね総合コンサルタントとしての力を発揮し、クライアントとのさらなる絆と信頼関係が構築できたものと感じている。

社内体制についても「神戸事務所」が昨年開設され、今回の被災に当たって「前線基地」として機能したことを教訓として、今後もクライアントの要請に対して機敏に、誠実に、高い技術力をもって応えることができるように、インフラの物的整備と技術力の蓄積を柱とする人的資源の強化に努めて行く覚悟をしたところである。

2. 地盤災害

石川利行*, 高林茂夫**

2.1 概要

阪神・淡路大震災は、大都市の直下で発生した地震ということで甚大な被害をもたらした。

地震による災害は、震度7が適用された地域が広範囲に及んだこともあり、予想を上まわる規模となったが、被害の大小が地盤条件の違いによることから、多くの被害調査報告によって明らかにされつつある(図1.1.2参照)。

被害の大きい地域の地盤条件には、以下の特徴が見られることが報告されている。

- ・ 厚い被覆層が堆積する地域。
- ・ 軟弱地盤(沖積粘性土・砂質土、盛土地盤)の分布する地域。
- ・ 活断層に沿う地域。

上記の地盤条件では、地震動の増幅による強震(厚い被覆層分布地域)や地盤の液状化・側方流動(軟弱地盤分布地域)が発生している。

また、地盤の崩壊・地すべり等の地盤災害や地表面亀裂の発生による構造物の倒壊等の被害が軟弱地盤分布地域(盛土地盤等)や活断層に沿う地域に発生している。

調査技術部では、地震発生直後に結成された日本応用地質学会関西支部・関西地質調査業協会の合同調査団に参画し、現地調査を実施した。

本報告では、合同調査団に

おいて調査した地震被害と地盤条件との関係についてその概要を述べることにする。

2.2 調査の概要

2.2.1 調査範囲

調査範囲は、芦屋市、西宮市、尼崎市、伊丹市、宝塚市にかけての六甲山地東部とその東側に広がる低地部を対象としている。

2.2.2 地形地質の概要

神戸・阪神間地域の地質構造概念図を図2.2.1に示す。

六甲山地東部には、五助橋断層、芦屋断層、甲陽断層等の北東-南西系の断層が発達する。伊丹台地部には伊丹断層が北東東-南西西方向に発達し、伊丹台地と北摂山地との境には有馬-高槻構造線が東西方向に延長している。

地質構成としては、六甲山地には六甲花崗岩、北

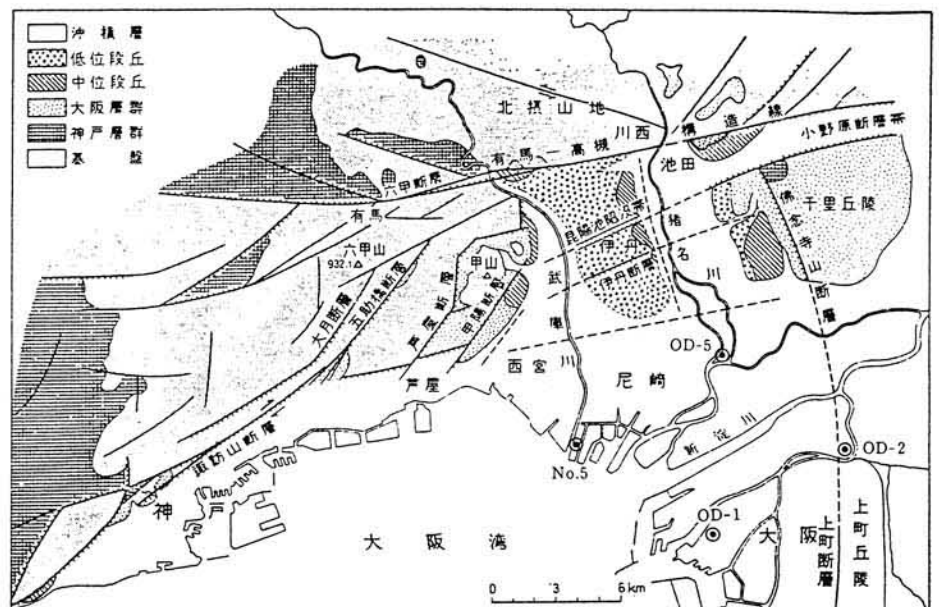


図2.2.1 神戸・阪神間地域の地質構造概念図(藤田・前田, 1971)。

「大阪西北部地域の地質」より抜粋

*技術士 調査技術部 **技術士 調査技術部

摂山地には有馬層群等の基盤岩が分布し、甲山周辺の丘陵地には大阪層群、伊丹台地には段丘層、武庫川沿いや海岸部には沖積層が分布している（図2.2.1）。

2.2.3 調査内容

調査の内容は、平地部と山地部に分類して、以下の項目の被害状況について踏査・観察した。

<平地部>

- ・建築構造物の被害状況
- ・土木構造物の被害状況
- ・地表面の変状（地表面亀裂等）
- ・液状化
- ・墓石・石灯籠の転倒方向、回転方向

<山地部>

- ・地盤災害（崩壊、地すべり、落石等）
- ・断層（断層の活動状況）

2.3 調査結果

調査結果のうちから、「液状化」、「地すべり・崩壊」、「地表面亀裂」、「墓石・石灯籠の転倒と回転方向」についてその概要を記述する。

① 液状化

千葉県地質環境研液状化・流動化被害調査団（1995）によれば、液状化・流動化の分布域は沿岸埋立地や沖合い人工島に広く発達しており、自然地盤地域においてはその発生が少ない状況にある（図2.3.1）。

本調査の範囲が沿岸部から離れた内陸部にあることから、液状化の発生箇所は少ないが、武庫川や夙川に沿う地域に比較的集中して観察される他に、丘陵地に発達する小河川沿いにも小規模な液状化が見られ、その周辺では地表面亀裂が発達する等の地盤の変位も観察される（図2.3.2、写真2.3.1～3）。



写真2.3.1 山地部河川敷の液状化

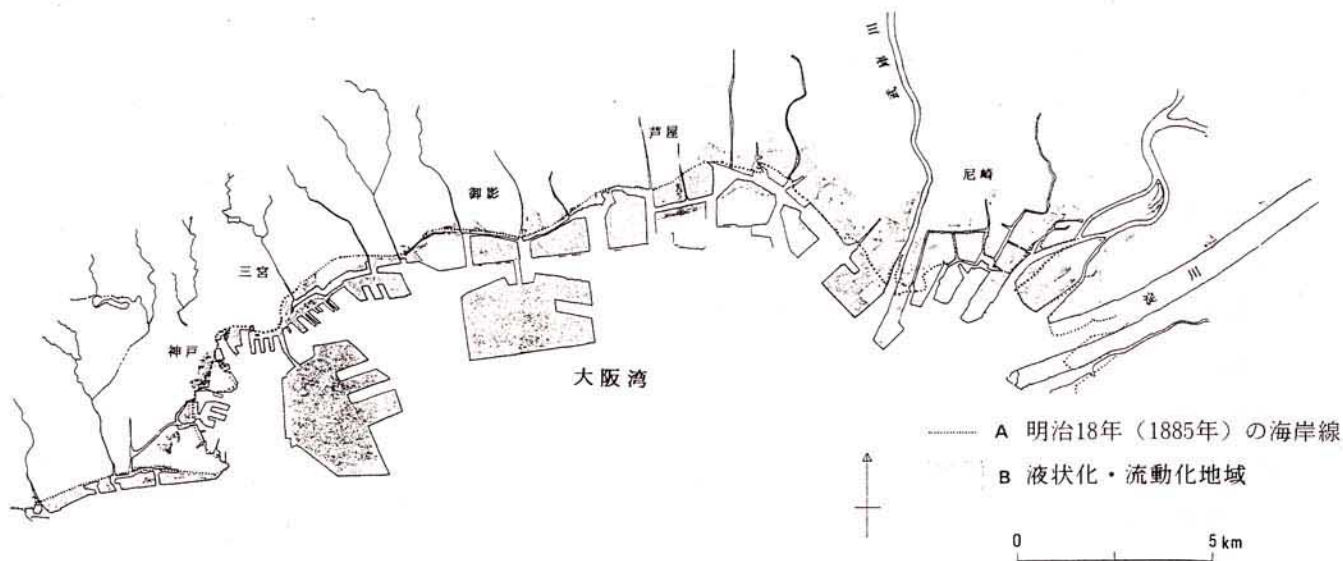


図2.3.1 調査範囲の液状化・流動化分布地域



写真2.3.2 山地部河川敷の液状化の拡大写真



写真2.3.3 丘陵地の小河川沿いの液状化

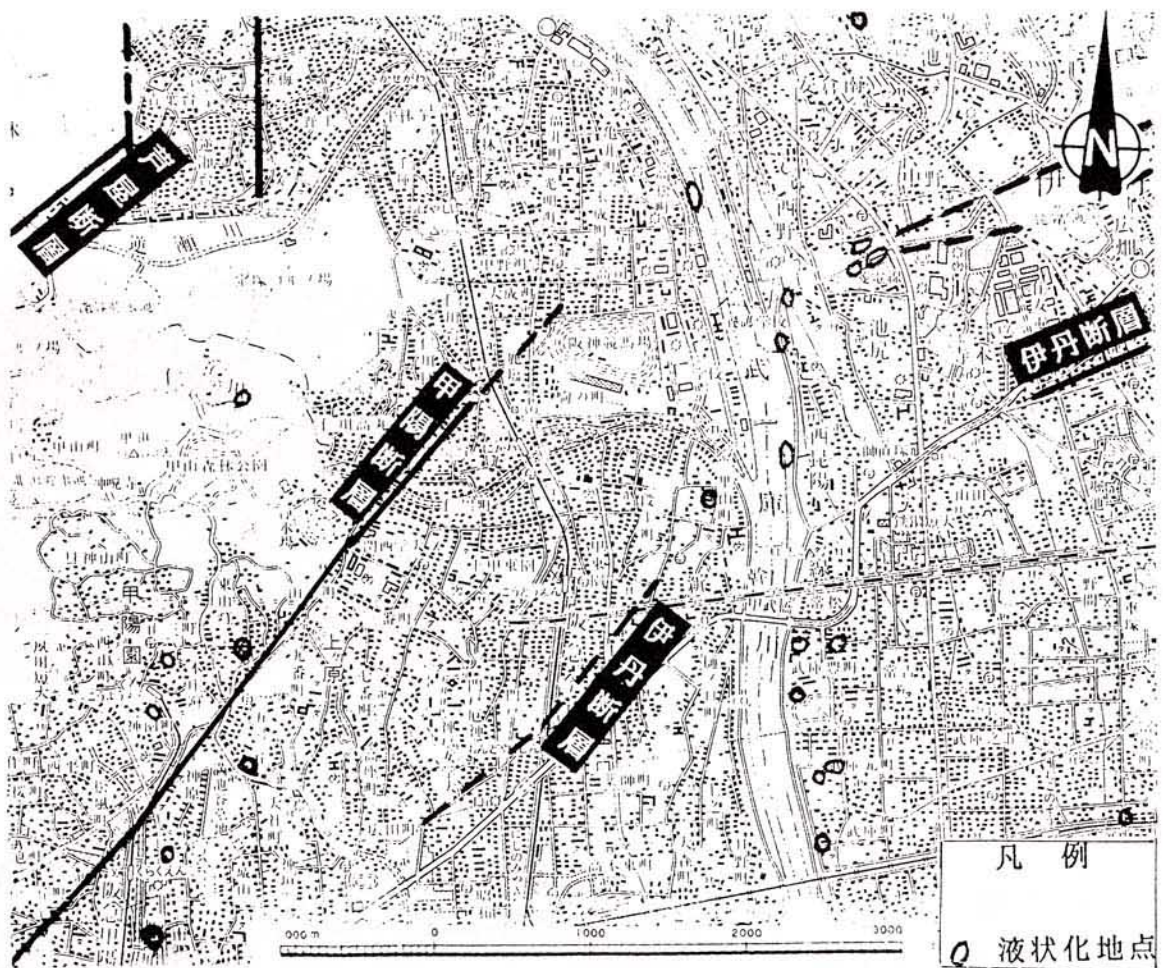


図2.3.2 調査範囲の液状化地点 S=1:50,000

② 地すべり・崩壊

地すべり・崩壊等の土砂災害は山地および丘陵地に発生しているが、崩壊は山地の斜面部、地すべりは丘陵地の大阪層群に発生する傾向にある。

特に、西宮市仁川百合野町で発生した地すべりは規模も大きく、34人の犠牲者を出した。この地すべりは、仁川の上流部に面した斜面部が幅60m、長さ100mにわたってすべったもので、斜面地下の帯水層内で破壊が起こり、すべり面上部の土塊がすべり下ったものと考えられている（図2.3.3、写真2.3.4、5）。

芦屋断層付近の地すべりは、大阪層群分布地域に発生しており、ブロックの幅、長さが100～200m規模のものが多く発達する。

崩壊は、盛土部、大阪層群分布域、岩盤分布地域に発生が認められる。そのうち大阪層群の崩壊は、芦屋断層・甲陽断層に沿う地域に多発しており、特に芦屋断層沿いの斜面部に多発する傾向が見られる。岩盤崩壊は、断層周辺部の谷筋の急斜面部に多発する傾向が見られる（図2.3.4、5）。

③ 地表面亀裂

地表面に発達する亀裂は大きく、以下に示す2つのタイプに区分できる。

a) 崩壊や地すべりの前兆現象として発達する亀裂や、盛土地盤と自然地盤との境界部に発達する亀裂等の重力性の地盤変位による亀裂。

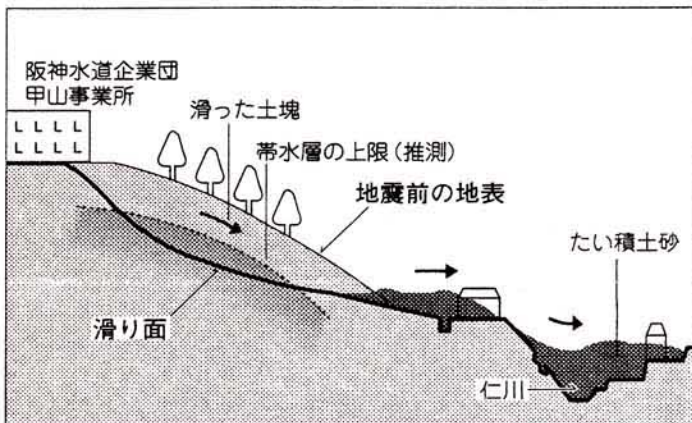


図2.3.3 西宮市仁川百合野町で起きた地滑りの模式図
（佐々恭二・京都大学防災研究所教授による）

<3/24 朝日新聞>



写真2.3.4 地すべり地の遠望



写真2.3.5 地すべり地上部の滑落崖

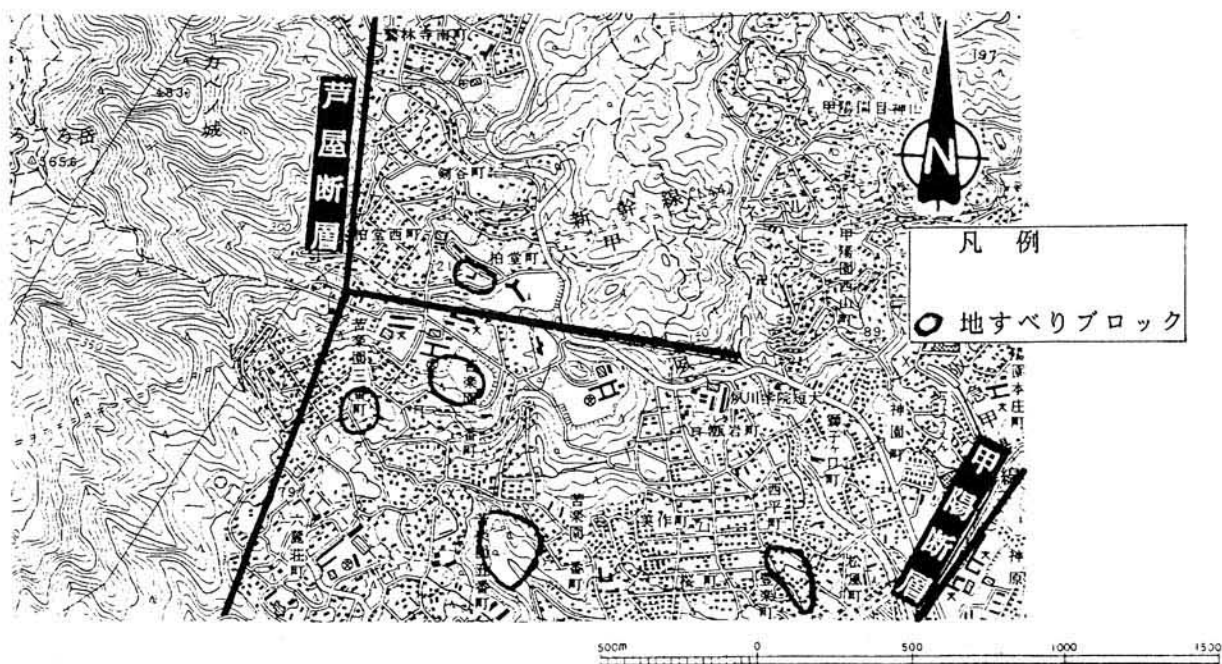


図2.3.4 芦屋断層周辺における地すべり多発地区の状況 S=1:25,000

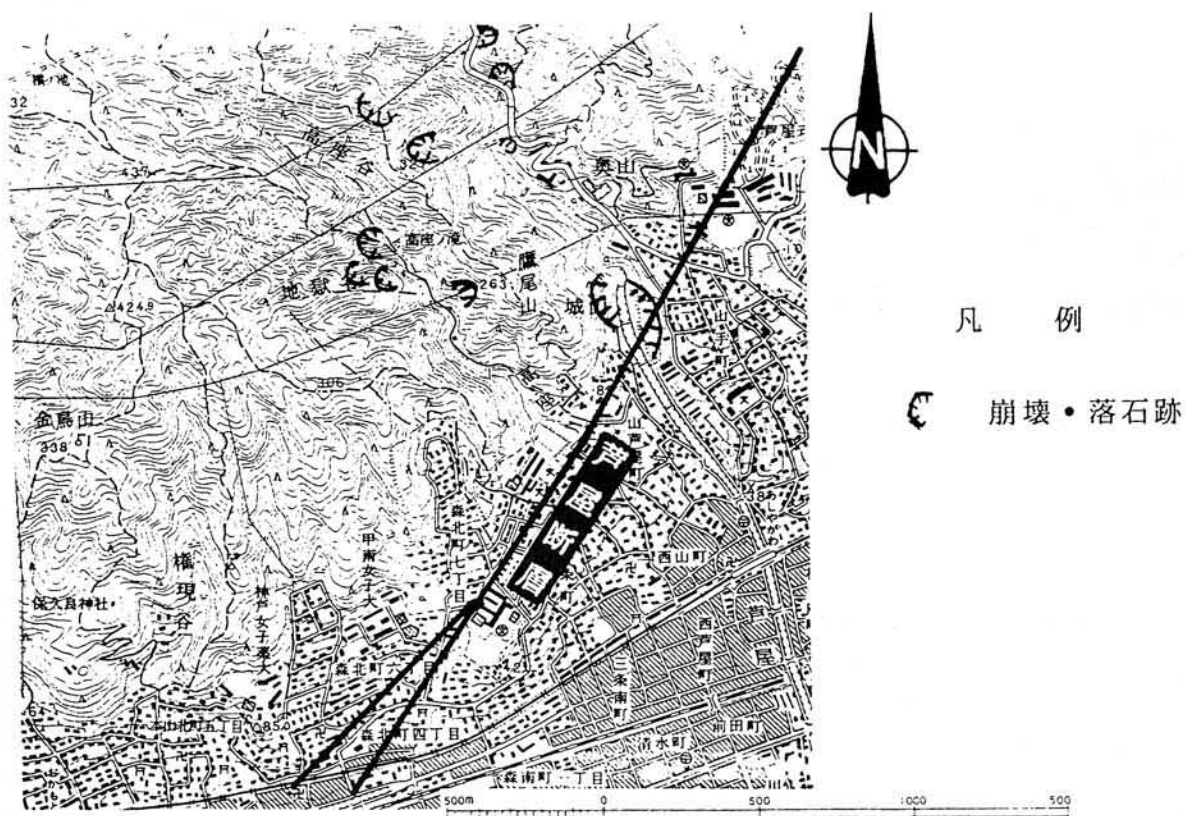


図2.3.5 芦屋断層沿いの崩壊・落石跡の分布 S=1:25,000

b) 地下の活断層の動きに伴って、地表に出現した亀裂（淡路島の野島断層が代表的な例）。

合同調査において確認された地表面亀裂は、主に a) のタイプの重力性の地盤変位によるものが多く、溜池上に盛土した地点や造成前に谷筋であった地域に沿って発生している（図2.3.6, 写真2.3.6, 7）。

しかし、既存地質図に示されている活断層に沿う地域やその延長部に活断層の走向と調和的な地表面亀裂の発達も確認され、その中には規模が最大10～20cm程度の右横ずれの変位を示し、その延長に連続性が認められるものが確認されており、地震断層の可能性を示唆するものとして注目される（図2.3.7, 写真2.3.8～13）。



図2.3.6 夙川沿いの地表面亀裂の分布と旧地形 S=1:25,000



写真2.3.6 重力性の地盤変位による亀裂



写真2.3.8 活断層に沿う亀裂



写真2.3.7 同上



写真2.3.9 液状化を伴う亀裂



写真2.3.10 活断層に沿う亀裂



写真2.3.11 同上



写真2.3.12 同上拡大写真



写真2.3.13 右横ずれ変位

④ 墓石・石灯籠の転倒と回転方向

墓石等の倒壊方向が地震の揺れの方を示し、回転方向が地盤の移動方向を考える上での一指標となることが知られている。

合同調査では墓石等の倒壊・回転方向を測定し、活断層との関係について考察を行った（写真2.3.14, 15）。

a) 倒壊方向

倒壊方向の測定箇所数は131地点であった。種々の倒壊方向を便宜的に東西、南北、北西－南東、北東－南西の4方向に区分するとともに、表2.3.1に示す3地区に区分して倒壊方向の傾向を考察した。

倒壊方向と断層との関係を以下に列記する。

- ・ A地区の有馬－高槻構造線に沿う地域（宝塚市）では、東西方向の倒壊頻度が55％と高い傾向にある。



写真2.3.14 石灯籠の倒壊



写真2.3.15 台座の回転（反時計回り）

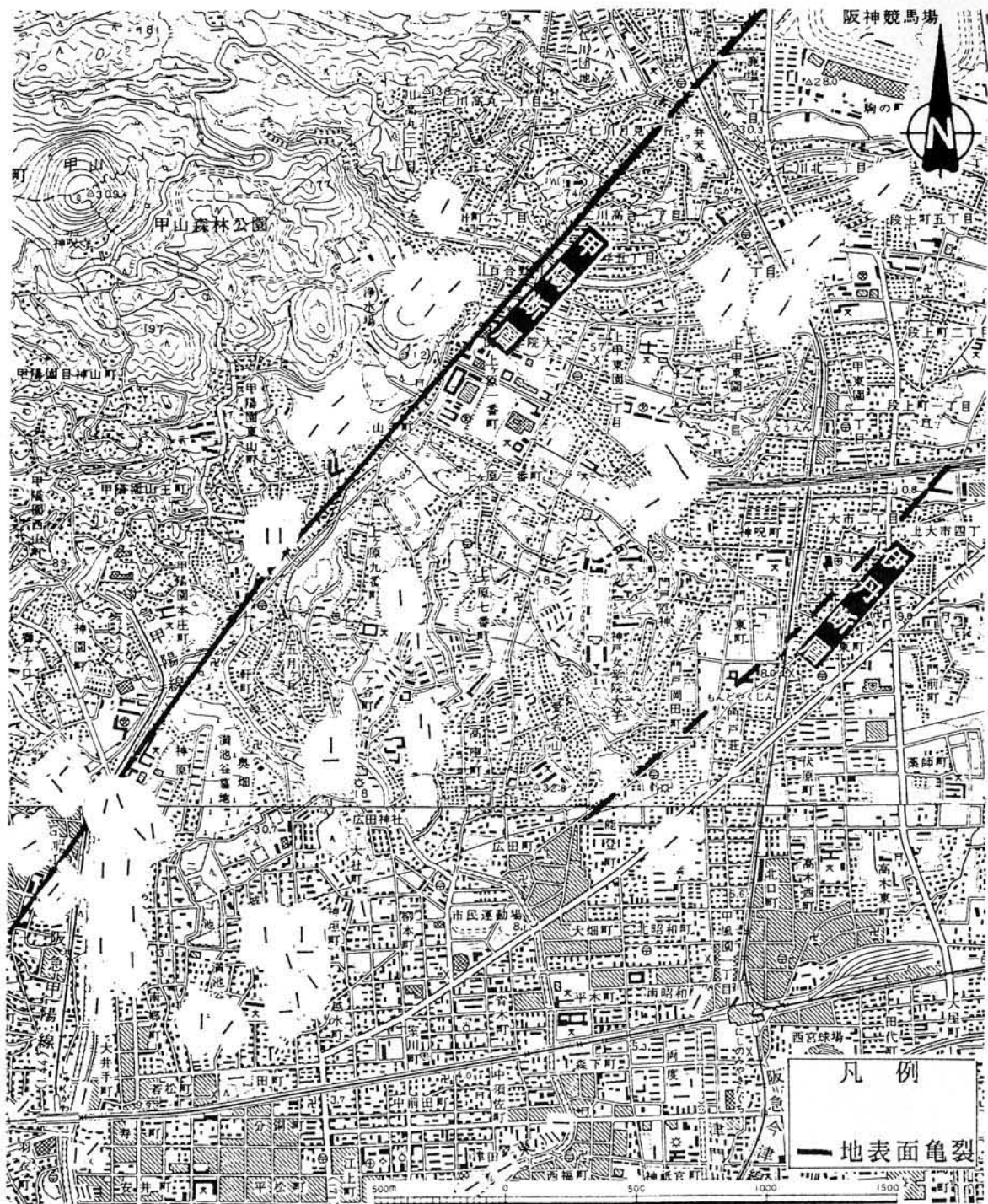


図2.3.7 甲陽断層沿いの地表面亀裂の分布状況 S=1:25,000

表2.3.1 3地区の倒壊方向の傾向

地区名	方向 箇所数	東西	南北	北西-南東	北東-南西
A	36	20 (55%)	7 (20%)	7 (20%)	2 (5%)
B	44	8 (18%)	10 (23%)	18 (41%)	8 (18%)
C	51	10 (20%)	21 (41%)	17 (33%)	3 (6%)
計	131	38 (29%)	38 (29%)	42 (32%)	13 (10%)

〔()は各地区ごとの総数に対する4方向の百分率を示す。〕

A地区……有馬-高槻構造線に沿う地域
 B地区……伊丹断層周辺地域
 C地区……甲陽断層、芦屋断層に沿う地域

- ・B地区の伊丹断層の周辺（特に南側）では、北西-南東方向の倒壊頻度が41%と高い傾向にある。阪急伊丹駅付近では、北東-南西方向の倒壊が集中する傾向が見られる。
- ・C地区の甲陽・芦屋断層周辺では、南北方向の頻度が41%と高い傾向にある。また、断層に直交する方向である北西-南東方向の倒壊が、断層に沿って発生する傾向が見られる（図2.3.8）。

b) 回転方向

回転方向は、時計回りと反時計回りの2種類に分類して図示した（●印は時計回り、▲印は反時計回り）。

回転方向の測定箇所数は54地点であった。

総数54点のうち、反時計回りが37点（69%）、時計回りが17点（31%）と、反時計回りが70%近くを占める結果が得られた。

回転方向の観察箇所数は倒壊に比べると少ないが、回転現象を観察できる地点が断層に沿う地域に集中する傾向がある。

倒壊方向の箇所数が比較的多い武庫之荘や塚口付近では、回転方向の測定地点が少ない傾向にある。記録では、未倒壊の墓石の中に横方向への移動を示すものはあるが、回転現象を示すものは少ない傾向があり、この地域において回転現象を起こす力が小さかったことが推定される（図2.3.9）。

2.4 あとがき

地震被害の大小が地盤条件と密接に関係していることが調査結果から想定されるが、阪神・淡路大震災における被害と地盤条件との関係については、地震直後に収集した多くのデータの詳細な解析・検討を進めることで、より明らかになると考えられる。それと同時に阪神地区で不明瞭な活断層の動きに対する詳細なデータを収集するための地質調査を積極的に行うことが重要な課題と考える。

参考文献

- 1) 日本応用地質学会関西支部・関西地質調査業協会合同調査団；六甲山地東部およびその周辺の地盤変状と地震被害、「阪神大震災」緊急合同報告会資料集。

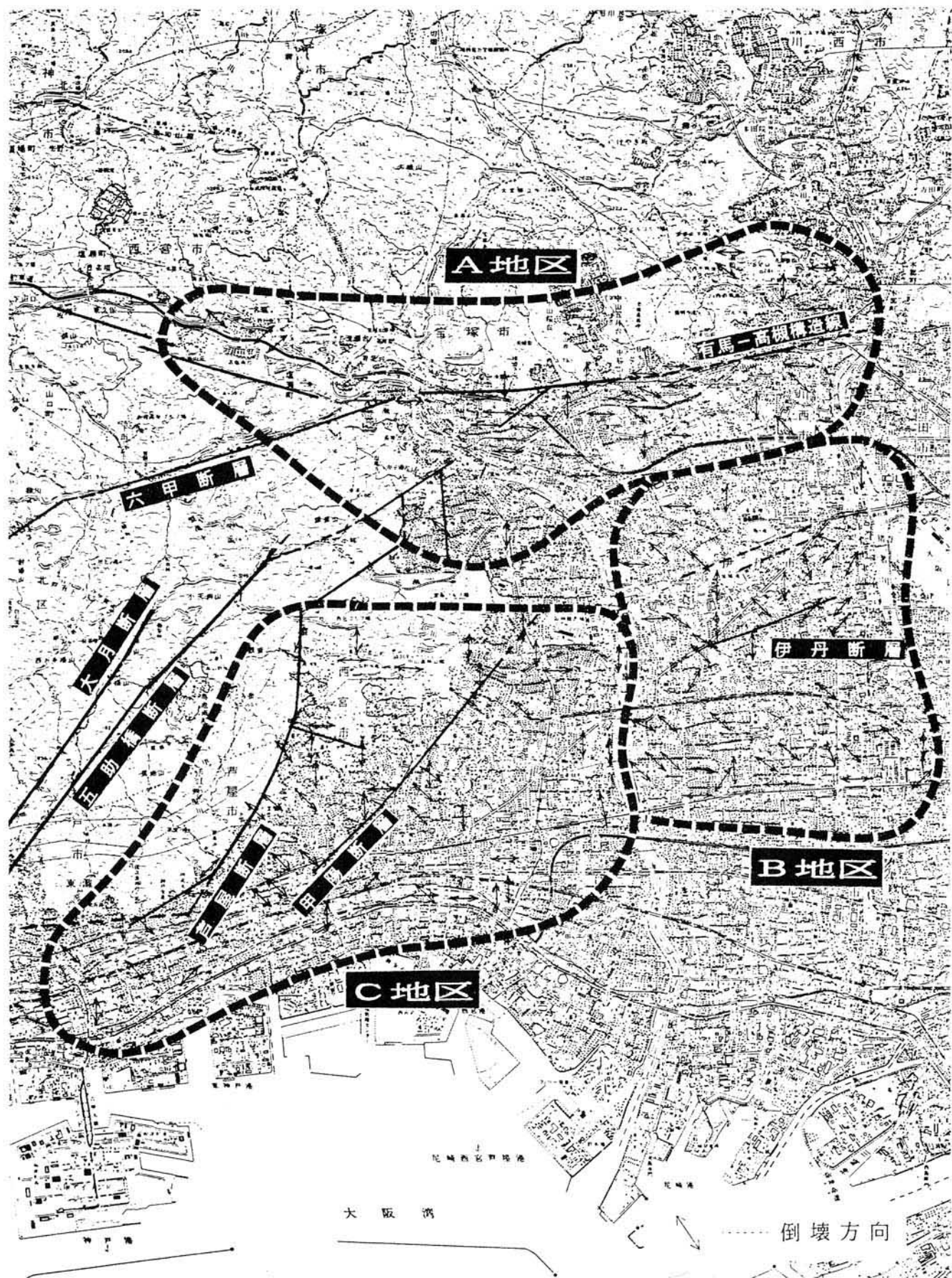


図2.3.8 墓石・石灯籠の倒壊方向分布図

3. 鉄道の被害と緊急対応

3.1 概要

夏川亨介*

(1) はじめに

地震国日本の土木技術水準は常に世界をリードしていると自負してきた。重要土木施設は、あらゆる自然の脅威に対して、部分的な損傷は受けるものの、機能を完全に停止させられる崩壊等の大被害は起こりえないと言われてきた。その神話が兵庫県南部地震の洗礼を受けもろくも崩れさった。象徴的な例が鉄道構造物であり、また道路構造物であった。特に鉄道構造物に関しては、関東大震災クラス的地震に対して重大な損傷は発生しないという基本条件のもとに計画・設計・施工された高架構造物のみならず、地震に強いと信じられてきた地下構造物も一部で甚大な被害を受け、我々技術者はとまどいと混乱の中で約3カ月間を過ごしてきた。

その間各路線は、段階毎に不通区間の縮小を図ってきた。そして、4月1日にJR西日本鉄道株式会社の在来線が復旧し、また、4月8日に新幹線が開通の運びとなり、とまどい・混乱状態は減退しつつ

あるものの、いまだに太く、長い尾を引いている。このような心理的状況から一時も早く脱却し、新たな精神状態を築きあげなければならない。新しい心理状態は、謙虚・冷静・情熱というキーワードで表すことができよう。

(2) 路線別被害の概要と分類・整理の必要性

マスコミ、各種調査団および公・私的機関より被害の状況はあふれる程に提供されてきたが、さらにわが社が行った調査結果を加えて、鉄道施設に関する被害の概要をまとめた。図3.1.1に主な被害箇所、3.2に構造形態別・路線別・箇所別の被害状況と所見を、付表に被害一覧をまとめた。

今後これらに関しては、さらに下記の要因別に分類・整理を試みてゆかなければならないと考える。

- ・地域別
- ・地勢、地形、地質別
- ・構造形式、材料別
- ・設計、施工年代別

土木学会阪神大震災調査第二次報告会においても具体的に下記のような検討の必要性が提示された。

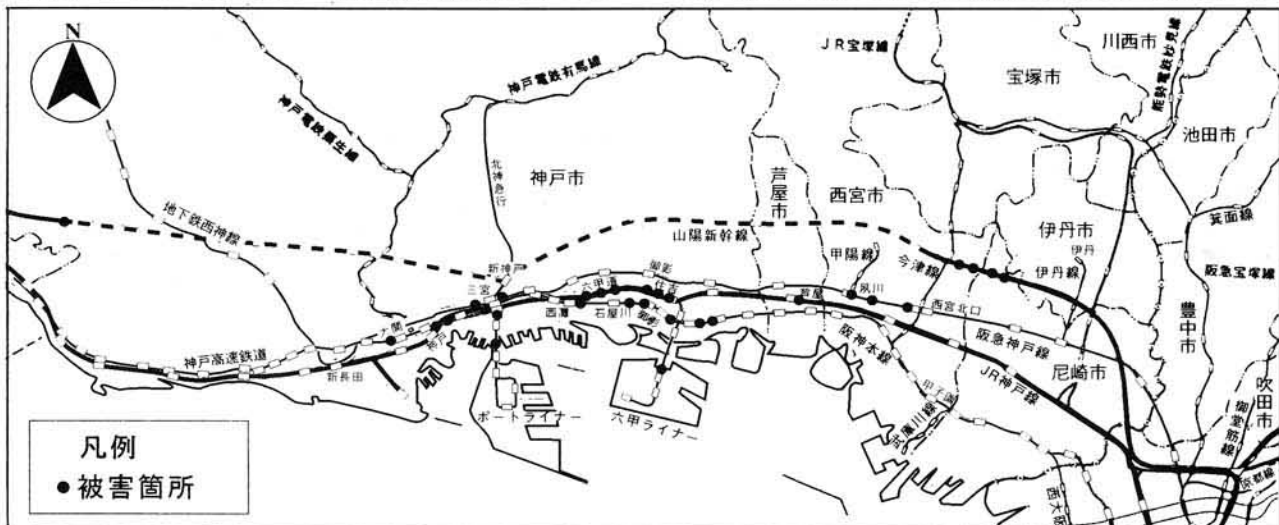


図3.1.1 鉄道構造物の主な被害箇所

*技術士 第二設計部

- ・地形、地質のさらにキメ細かな分類と構造物等の被害の関係
- ・基礎の健全性
- ・RC構造物は鋼構造より被害が著しいと見られているが、その是非

一般的に震度7程度を受けた多くの鉄道構造物は壊滅的な被害を被ったといわれており、概ねその説は正しいと思われるが、全ての鉄道構造物が震度7程度の揺れに対し、健全でなかったかと言えば必ずしもそうではない。今回壊滅的な被害を受けた構造物のほとんどは、昭和53年の宮城県沖地震を契機に耐震設計指針が全面的に見直される以前に計画、設計、施工された構造物であり、現在の耐震基準に合った対応がなされていなかった。それでは、現在の耐震設計指針により構築された構造物に関してどうかと言えば、その事例は豊富ではない。しかし、貴重な例を示すことができる。

阪急宝塚駅周辺高架化事業は、単独立体高架化事業として、軌道構造物は平成5年9月に完成を見た。設計は平成7年現在適用されている最新の手法で行われた。当該構造物及び地盤の特質を列記すれば、次のとおりである。

- ①地盤面から軌道面までの高さは約11～14mであり、通常の鉄道高架橋と比較して背が高い。
- ②地盤はN値20～50の砂礫層が地表面付近であり、地表面下2～4mの位置に軟岩が一部見られる。
- ③構造物基礎は、地中梁のないパイルベントと通称される深礎杭である。

上記①～③の特性を持つ一般的な形式の鉄道高架橋が受けた被害は比較的軽微であり、高架橋上の屋上駐車場（鉄骨構造）脚柱部分のせん断破壊および高架橋間をつなぐ単版桁部分の鋼棒ストッパーの破壊が主たる被害であった。

一方、この構造物が受けた地震動は正確には評価できないが、震度7分布帯に位置している（図1.1.2）。また、高架橋付近の木造住宅は写真3.1.1に見



写真3.1.1 全・半壊した住宅と健全な高架橋

られるように、多くが全半壊している。このような状況下であったが、電車は1月19日の始発より運行している。

すなわち、現在の耐震設計基準に準拠し、設計、施工された鉄道高架構造物は震度7程度の地震に対しても耐えた事例がある。このことを一般論として説明するためには、前記した要因毎の被害状況を整理し、多方面から評価してゆくことが必要となる。

なお、現地調査結果によると、映像として残された著しい被害状況等とは別に、大被害に至る経過を示す痕跡も散見した。一例をあげる。“横断的に約60cmの離隔で並走するRCラーメン高架橋が、相互に激しく衝突した。”すなわち地上から約7mの高さ付近で、相並ぶ鉄筋コンクリート構造物は相対移動60cm以上を記録したことになる。当構造物は崩壊までには至っていないが、地震時の生々しい動きを知る貴重な情報として今後記録に残しておくなければならない。すなわち、顕著な被害状況のみでなく、見過ごされがちな被害記録の整理も我々の重要な責務であると感じている。

(3) 被害を受けた構造物と復旧・復興に向けてのわが社の関わり

大阪に基盤を持つわが社は、地震発生直後から直ちに復旧・復興に向けての状況把握・調査に全面対応の体制を敷いた。昨年9月に開設した神戸事務所（神戸市中央区江戸町リクルート神戸ビル）は激震

地に位置していながら、幸いにも、電気、水道、ガスの停止のみにとどまった。当事務所を活動基地として、わが社が計画、設計の段階に関わった構造物は勿論のこと、その他あらゆる路線の復旧・復興に対する多面的な支援活動を展開した。その業務分野は、

- ①現地調査
- ②地質調査
- ③測量・路線設計
- ④復旧・復興計画
- ⑤解析・設計
- ⑥開通に向けての構造物挙動計測
- ⑦既設高架下施設の補償

等の広範囲に及んだ。

さらに、直接的な被害は受けていない兵庫県外の路線に関しても、既設構造物に関する耐震上の課題を抽出・整理することを第一段階の目的として、構造物調査及び資料整理等の業務を鉄道事業者の依頼により開始している。

3.3にわが社が対応した路線に関する復旧・復興業務の概要をとりまとめた。

また、わが社独自の研究活動として、高架構造物及び地下構造物耐震性評価のための各種解析業務にも取り組んでおり、その一部も3.3に紹介するが詳細に関しては次号に掲載の予定である。

(4) 技術的詳細検討を進めるにあたって

鉄軌道構造物の耐震設計指針の見直しについては、国の機関で検討されている。また、既存構造物および今後設計・施工される構造物に対する耐震設計の基本方針が提示されようとしている。不通区間の構造物の復旧に関しては、運輸省鉄道局内に設置された鉄道施設耐震構造検討委員会の最終判断を踏まえて着手された。しかし、緊急対応が求められたため、あらゆる種類の被害に関し、完全に工学的な論理付けがされた後に、方針が出されたとはいいが

たい。大所高所より安全性の裏付けはなされたと考えるが、定量的に評価するためには、今後、詳細な地震及び被害データの分析・各種解析・実験等によるアプローチが必要であろうと思われる。

このような認識を背景として、我々は下記の課題の検討に取り組もうとしている。

- ①構造物の耐震設計手法の研究
- ②地震動とくに上下動と構造物の被害の関係
- ③部材耐力の評価とその補強方法の解析・実験
- ④耐震設計指針の変遷に伴う部材細目の変化の定量的整理

(5) 新たな理念の構築を

戦後の経済復興の流れに沿って、造ることに忙殺されてきた我々に痛烈な警鐘となったのが、今回の地震であった。特に都市が高度に発達する過程においては、構造物を造るに際しては立地的、空間的、施工的条件が時と共に著しく制約されてゆく、それを技術力によりカバーしていると理解してきた。また、構造物の巨大化、アンバランス化を材料の高強度化、各種実験等に裏付けされた解析・設計手法により対応可能であると考えてきた。自然に従う科学と自然に逆らう科学があると言われるが、我々は後者の部類に属してきたと言わざるを得ない。また、物を造ることの技術は一般的にハードと言われているが、今回の震災を振り返ってみると、むしろソフト的な配慮がより大切ではなかったかと思う。

今、我々は冒頭で述べたように、謙虚さ、冷静さ、情熱を持って、新たな理念を構築しなければならない。それには、鉄道と道路、土木と建築といった狭い物の考え方も変えてゆかなければならない。また、官学民対等の立場で、それぞれの得意分野毎の役割分担を素早く演じることができるとする枠組み形成もしてゆかなければならないと感じた。

3.2 被害の概要

3.2.1 高架構造物の被害

福田安宏* 斉藤雅文** 永吉正美***

(1) JR関連（山陽新幹線，JR東海道線）

山陽新幹線における被害は，新大阪～新神戸間で7ヶ所の高架橋，架道橋が落橋し，武庫川橋梁の橋脚ほか高架橋の柱の損壊が18ヶ所で発生している。これら被害は，伊丹市西部から武庫川を経て六甲トンネル入口に至る約3.5kmの区間に集中している。

新神戸以西では，高塚山トンネル出口から西明石にかけて，橋梁1ヶ所が落橋，橋脚・高架橋柱の損壊16ヶ所，西明石～姫路間では，西明石駅部高架の橋脚・高架橋柱の損壊を含めて18ヶ所の被害が約23kmの区間にわたって発生している（写真3.2.1～6）。

一方，JR東海道線は，住吉～灘間の約2kmにわたり，高架橋および高架駅で落橋などの大きな被害を受けた（写真3.2.7～写真3.2.9）。

これらの被害の特徴点は，以下のとおりである。

- ①二層ラーメン高架橋では，中間梁の上層か下層の柱が損傷を受けており，損傷箇所が一定していない。
- ②二層ラーメン高架橋では，柱上部のハンチ部付近に被害が集中している。
- ③河川橋梁の橋脚に発生したクラック位置は種々で一定の傾向が認められない。



写真3.2.1 山陽新幹線
ラーメン橋台の損傷により落下したPC桁



写真3.2.2 ラーメン橋台の被害



写真3.2.3 二層ラーメン高架橋の被害

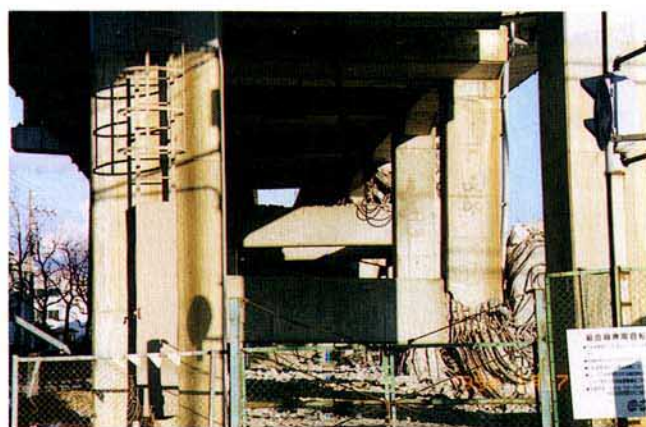


写真3.2.4 同上



写真3.2.5 一層ラーメン高架橋の被害

* 技術士 第二設計部 ** 技術士 第二設計部
***RCCM 第二設計部



写真3.2.6 桁式橋梁橋脚の被害



写真3.2.7 JR東海道線
ラーメン高架橋の被害



写真3.2.8 架道橋の被害



写真3.2.9 駅部ラーメン高架橋・駅舎・ホーム・
上家の被害

(2) 阪急電鉄神戸線関連

阪急電鉄神戸線西宮北口～夙川間の高架橋は、1線1柱RCラーメン（複線並列）であり、約200mの範囲で高架橋が倒壊するなど、甚大な被害を受けた（写真3.2.10～19）。

また、三宮駅は、写真3.2.20～26に示すように、東館ビル及び西館ビルで被害状況が異なっていた。

東館ビルは、昭和初期に建設されて以来、今日まで神戸市民に親しまれてきた由緒ある構造物で、建設当時の技術の粋を集めたSRC構造（一部RC構造）であるが、被害は支柱、梁の損傷が著しく破壊箇所もあったため、早期復旧の観点から軌道部を残し、建物の取壊しが進められた。

一方、西館ビルは、わが社が50年代に鉄道耐震設計指針により改良設計した鋼支柱を有する鉄筋コンクリートと鋼の複合ラーメン高架橋であり、RC部に一部ひびわれがみられたものの、被害は軽微であった。

これらの被害の特徴点は、以下のとおりである。



写真3.2.10 阪急電鉄
ラーメン高架橋上り線の傾斜



写真3.2.11 上下線支柱の典型的なせん断破壊



写真3.2.12 高架橋支柱のせん断破壊による倒壊



写真3.2.13 健全な壁式橋脚



写真3.2.14 下り線のみ倒壊したラーメン高架橋



写真3.2.15 上下線とも倒壊したラーメン高架橋



写真3.2.16
軽微なせん断
ひびわれ



写真3.2.17
せん断ひびわ
れ



写真3.2.18
せん断破壊

①高架橋については、全般的には西宮北口駅より夙川駅に向けて徐々に被害の度合いが大きくなる。

②比較的近接した場所の同一構造形式の高架橋でありながら、つぎのように被害の程度が大きく異なっている。

・上下線ともに倒壊した箇所



写真3.2.19
支柱の破壊



写真3.2.20 三宮駅 健全な西館ビル



写真3.2.21 三宮駅 東館ビルの被害



写真3.2.22 東館ビル内 アーチの被害



写真3.2.23 同上 アーチ部の被害



写真3.2.24 同上 軌道桁を受ける梁・柱の被害



写真3.2.25 同上 梁のアーチ状ひびわれ

- ・上り線側は支柱がせん断破壊して倒壊したが、下り線が倒壊に到らなかった箇所

③RC橋脚のせん断破壊の程度についても、場所によって程度に差がある（写真3.2.16～19）.

④被害の程度の少ない架道橋・高架橋にはつぎの形式のものが多く、

- ・上部工が鋼桁の架道橋
- ・壁式橋脚の高架橋

⑤三宮駅東館ビルの被害は甚大で、例えば軌道階天井梁部で、コンクリートが欠落し、SRC構造の鉄骨フランジが見えている箇所もあった。（写真3.2.20～26）

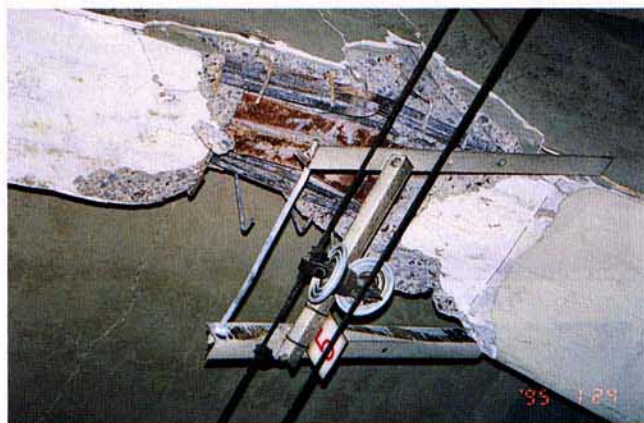


写真3.2.26 東館ビル内 軌道階天井部の被害

(3) 阪神電鉄関連

阪神電鉄本線の被害は西灘～御影間に集中しており、架道橋の落橋が8ヶ所、ラーメン高架橋の柱破壊による損壊が48ブロックで発生した。また、新在家駅西付近では地震火災の影響を受けた高架橋もあった（図3.2.1, 写真3.2.27～36）.

また、車庫の被害は架道橋の落橋が2ヶ所あり、ラーメン高架橋部は柱上部の破壊により軌道面が落下した（写真3.2.37～40）.

これらの被害の特徴点は、以下のとおりである。

- ①架道橋の落橋は、桁受部の柱の崩壊による。
- ②高架橋一般部も、架道橋と同様の崩壊を示した。



写真3.2.27 阪神電鉄本線 軌道部の変状

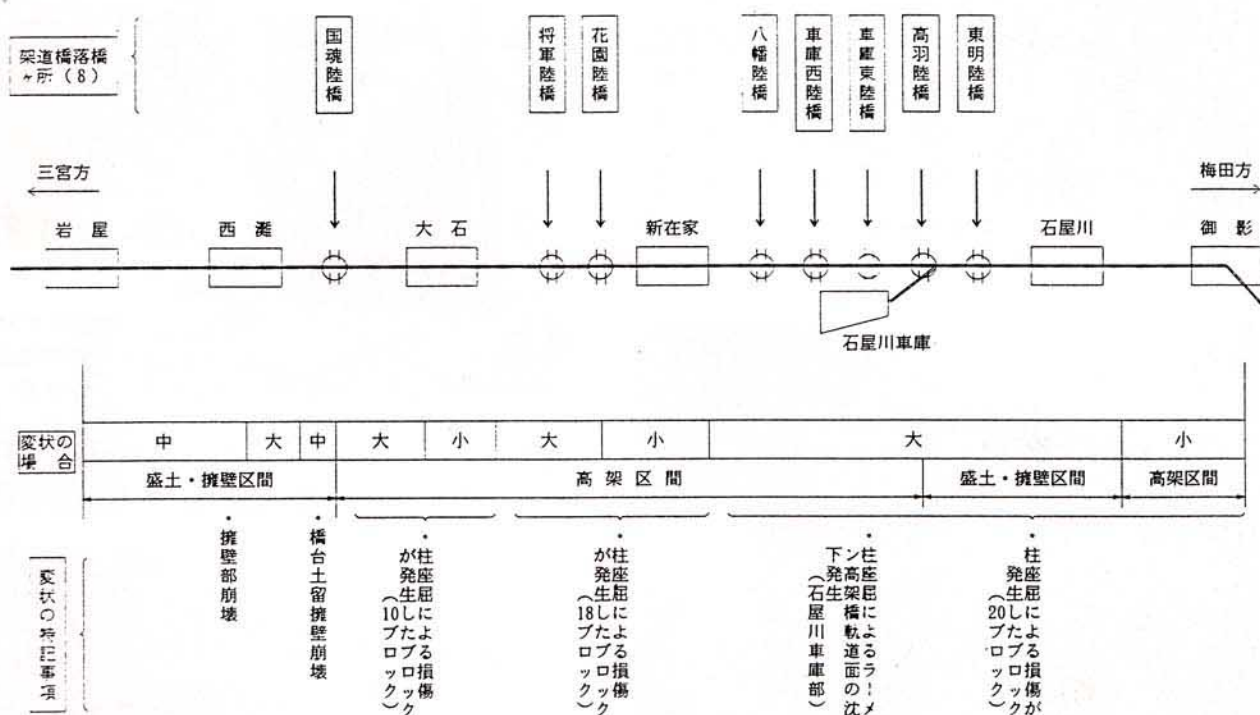


図3.2.1 落橋および高架橋変状ヶ所（阪神電鉄）

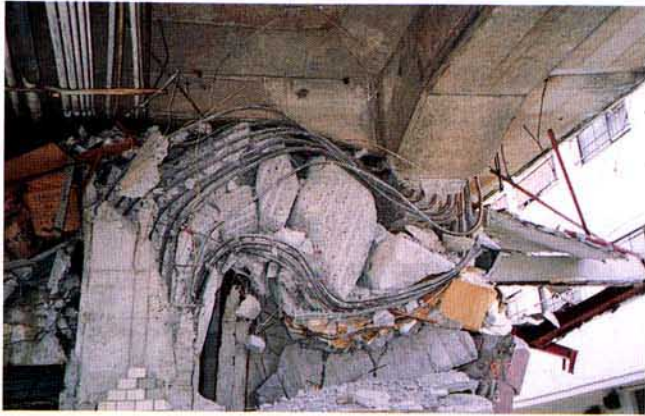


写真3.2.28 高架橋柱上部の破壊

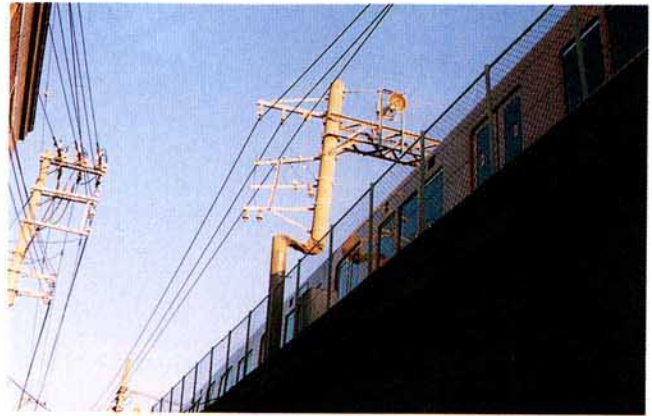


写真3.2.32 RC架線支柱の被害



写真3.2.29 架道橋の桁受部の崩壊



写真3.2.33 落下したラーメン高架橋



写真3.2.30 壁が設置されているため、被害の軽微な高架橋



写真3.2.34
駅部高架橋柱
の被害



写真3.2.31 高架橋柱上部の破壊

③駅部ラーメン高架橋は、高架下を店舗に利用するため柱間に壁が設置されており、柱の被害が少なかった。

(4) 神戸高速鉄道関連

神戸高速鉄道の三宮～花隈間の架道橋と高架橋が、大きな被害を受けた。しかし、三宮駅構内の



写真3.2.35 地震火災の被害を受けた高架橋



写真3.2.36 同上 スラブ部

RCラーメン高架橋にはほとんど変状が見られなかった（写真3.2.41～49）。

これらの被害の特徴点は、以下のとおりである。

- ①桁式高架橋ではPC桁が1ヶ所落橋したのを始め、橋脚の損傷や桁のズレが随所に見られた。
- ②阪急三宮駅に近接する架道橋（3径間連続鋼橋桁）の鋼ラーメン橋脚の鋳鋼管支柱が破断するとともに、三宮駅方のRCラーメン橋台の桁受梁も破壊した。



写真3.2.39 車庫内架道橋のPC桁の落下



写真3.2.37 車庫 検車場付近の被害



写真3.2.40 車庫取付部ラーメン高架橋の破壊



写真3.2.38 留置線高架橋軌道面の落下



写真3.2.41 神戸高速鉄道 健全な阪急三宮駅構内
ラーメン高架橋



写真3.2.42 ラーメン高架橋支柱のひびわれ



写真3.2.46 架道橋ラーメン橋脚の鋼管支柱の破断



写真3.2.43 同上 コンクリートの欠落



写真3.2.47 桁式高架橋落下寸前のPC桁



写真3.2.44 ラーメン橋台の桁受部の被害



写真3.2.48 同上 PC桁の落下



写真3.2.45 しゅう座面の被害



写真3.2.49 同上 橋脚の被害と桁のズレ

3.2.2 地下構造物・トンネルの被害

山口直紀* 田中武晴**

今回の震災では、従来から安全性が高いと考えられてきた地下構造物に被害を生じたのが1つの特徴である。また、その被害は開削工法で建設された箱型構造のRC中柱に集中しているのも大きな特徴である。

一方、地下鉄をはじめ地下街・地下駐車場や共同溝など多種の地下構造物の被害は軽微であり、甚大な被害を受けたのは地下鉄路線網のなかで局所的であることが判明している。また、シールドトンネル等には現段階までのところ被害が認められていない。

以下では、次の2地区の地下構造物の被害状況を紹介する。

- ①神戸高速鉄道大開駅（図3.2.2、写真3.2.50～52）
- ②神戸市地下鉄三宮駅（写真3.2.53）

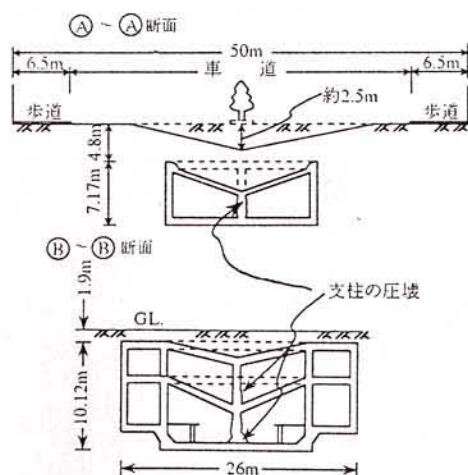
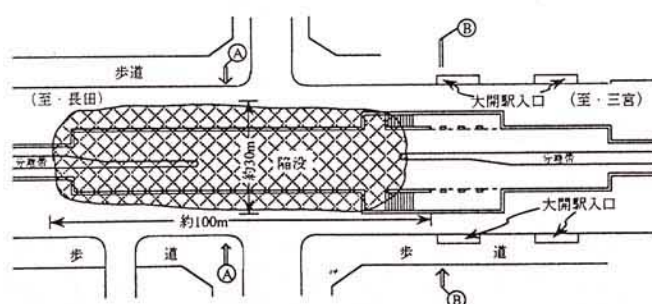


図3.2.2 大開駅地表面の陥没状況

*技術士 第二設計部 **RCCM 第二設計部



写真3.2.50 大開駅 地表面の道路陥没



写真3.2.51 同 地下2階中柱の被害



写真3.2.52 同 地下2階中柱の被害

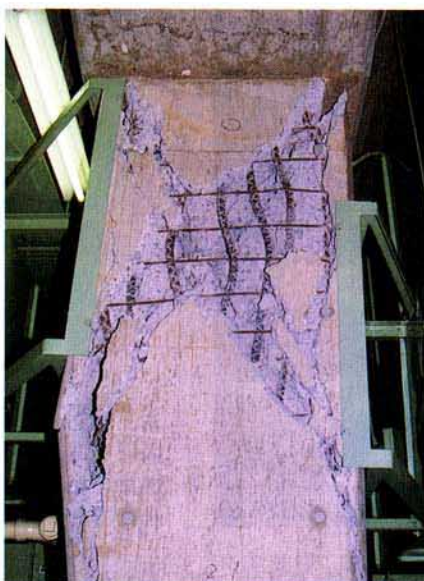


写真3.2.53
三宮駅
地下1階機械
室のRC柱の
被害

3.2.3 新交通の被害

辻 康男* 田中隆一郎**

(1) ポートアイランド線

全長6.4kmのポートアイランド線の被害概要は、表3.2.1、写真3.2.54～60に示すとおりであり、以下の特徴があげられる。

①国道2号区間（三ノ宮～貿易センター）の被害が著しく、桁の落橋、橋脚の崩壊、破壊が目立った（写真3.2.54～57）。

表3.2.1 ポートアイランド線の被害概要

種 別		被害箇所数	全 数
橋 梁	鋼 構 造	18橋	165橋
	R C 構 造	5 橋	48橋
橋 脚	鋼 構 造	23基	112基
	R C 構 造	22基	103基



図3.2.3 ポートアイランド線路線図



写真3.2.54 震災後の磯上通り 橋脚下端の破壊



写真3.2.55
同 下端の圧
壊により傾斜
した橋脚



写真3.2.56
同上



写真3.2.57 同 RC橋脚の被害

*技術士 第二設計部 **技術士 第二設計部

- ②ポートターミナル駅北側の直接基礎区間では橋脚が多数西側へ傾斜した（写真3.2.58）。
- ③ポートアイランド島内では、構造物の被害は軽微であるが、周辺地盤の液状化により、橋脚周辺の地盤が、50～70cm沈下した（写真3.2.59）。



写真3.2.58 ポートアイランド島内
直接基礎区間の橋脚の傾き



写真3.2.59
液状化により
沈下した橋脚
周辺地盤



写真3.2.60 耐震連結板の破断

(2) 六甲アイランド線

全長4.5kmの六甲アイランド線の被害概要は、表3.2.2、写真3.2.61～66に示すとおりであり、以下の特徴があげられる。

- ①住吉駅舎内の軌道桁が落下し、コンコース等に被害を与えた。
- ②住吉川右岸沿いの橋脚が傾斜しており、橋脚下端では局部座屈が散見された（写真3.2.62）。
- ③六甲大橋起終点側の取り付け部においては、桁の落橋、桁のズレが見られた（写真3.2.64、65）。
- ④六甲アイランド島内では、構造物の被害は軽微であるが、周辺地盤の液状化により、橋脚周辺の地盤が、50～70cm沈下していた（写真3.2.66）。

表3.2.2 六甲アイランド線の被害概要

種 別	被害箇所数	全 数
橋 梁	鋼 構 造	27橋
		143橋
橋 脚	鋼 構 造	15基
	R C 構 造	—
		28基



図3.2.4 六甲アイランド線路線図



写真3.2.61 六甲アイランド線 走行路の被害



写真3.2.64 落下した軌道桁

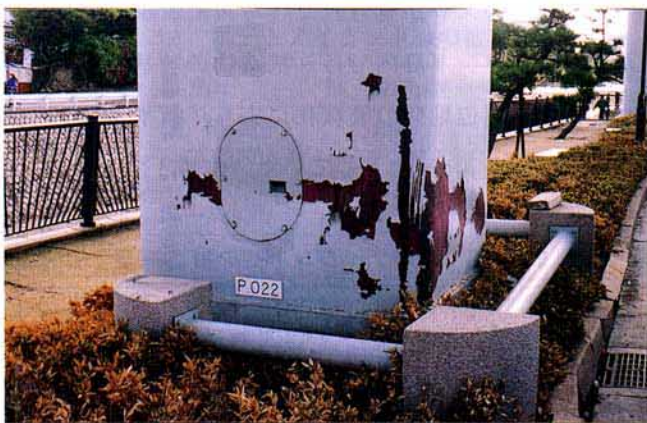


写真3.2.62 橋脚下端部の座屈



写真3.2.65 六甲大橋起点側の桁のズレ



写真3.2.63 側壁の段差



写真3.2.66 液状化による橋脚根巻き部分の地盤沈下

3.2.4 盛土・土工の被害

齊藤雅文* 永吉正美**

盛土・土工区間の被害は、写真3.2.67～78に示すとおりであり、路線ごとの被害概要は以下のとおりである。



写真3.2.67 JR摂津本山～住吉間
盛土法面崩壊箇所の線路変状



写真3.2.68 法面が崩壊し道床バラストが流出



写真3.2.69 法面下部の土留擁壁の転倒と法面ブロックの崩壊

①JR東海道線

摂津本山～住吉間では擁壁・盛土の法面が損傷を受けた。兵庫～鷹取間では盛土高架の擁壁及び盛土が大きな損傷を受け、新長田駅の駅舎、ホーム等を含めて使用不能となった。（写真3.2.67～72）。



写真3.2.70 JR新長田駅 復旧工事でホーム上家を撤去



写真3.2.71 ホーム付近の土留擁壁の被害



写真3.2.72 盛土高架区間の線路の被害

* 技術士 第二設計部

** RCCM 第二設計部

②阪神電鉄本線

西灘駅付近と石屋川付近の高盛土の重力式擁壁部に崩壊が発生した。なお、低盛土の石積部においては被害は軽微であった。（写真3.2.73～75）。



写真3.2.73 阪神電鉄 石屋川駅付近線路内の倒壊



写真3.2.74 擁壁の崩壊



写真3.2.75 駅部擁壁の崩壊

③神戸電鉄有馬線

湊川～長田間では、トンネル坑口付近の切取法面が崩壊するなどの被害が発生した。

（写真3.2.76～78）



写真3.2.76 神戸電鉄湊川～長田間
切取法面の崩壊



写真3.2.77 土留擁壁・盛土の崩壊と軌道の変状



写真3.2.78 トンネル坑口付近の被害

3.2.5 駅施設（建築構造）の被害

河村重一*

駅舎における建築構造は橋上駅と地平駅がほとんどであり、その他には高架駅のプラットホーム上家とコンコースの一部が建築構造になっている程度である。

今回の震災では幸い、駅舎の建築構造部が重大な被害を受けた例は少なく、特に昭和56年施行の新耐震設計基準によって設計された駅舎の建築構造部はほとんど軽微な被害にとどまったように感じられる。

以下にわが社で設計した駅舎の中から、建築構造部の被害が比較的大きかった2例について被害状況を紹介する。

(1) 阪急電鉄宝塚駅

本駅では、プラットホーム上家の屋上駐車場に、写真3.2.79～87に示すような被害が発生した。その特徴点は以下のとおりである。

- ①駐車場本体の建築構造とこれを受ける高架橋本体の土木構造そのものには、重大な被害が認められなかった。
- ②建築構造部と土木構造部の接合部である駐車場の柱脚部に集中的に、つぎのような被害があった。
 - ・アンカーボルトの破断
 - ・コンクリート基礎の破損



写真3.2.79 阪急電鉄宝塚駅
ジョイント部がズレ外部へ押し出された壁



写真3.2.80 パラペット及び排水管の破損



写真3.2.81 駐車場柱脚部の被害



写真3.2.82 基礎の被害



写真3.2.83 ホーム下クロスH型柱基礎の被害

*一級建築士 第二設計部



写真3.2.84 角型柱基礎のアンカーボルトの破断



写真3.2.85 H型柱基礎の被害



写真3.2.86
横ズレ防止金物の破損（上部）と同金物によるウェブの破損（下部）



写真3.2.87 スチフナーの座屈

(2) 神戸新交通 住吉駅

本駅は周辺の観測結果から見て、約700galに達する最大加速度を受け、非常に大きく揺れたものと推定されている。本駅は、写真3.2.88～96に示すように、つぎのような大きな被害を受けた。

①軌道桁が落下し、連絡通路も落下した。

②軌道桁落下により、コンコース上家・連絡通路などの建築構造部も重大な被害を受けた。



写真3.2.88 新交通住吉駅
軌道桁落下による連絡通路の落下



写真3.2.89 自由通路との接続部の被害



写真3.2.90 軌道桁落下によるコンコース屋根の変形



写真3.2.91 コンコース階
軌道桁落下による内装破損



写真3.2.94 プラットホーム階
軒先部の変形及び軒天井の落下

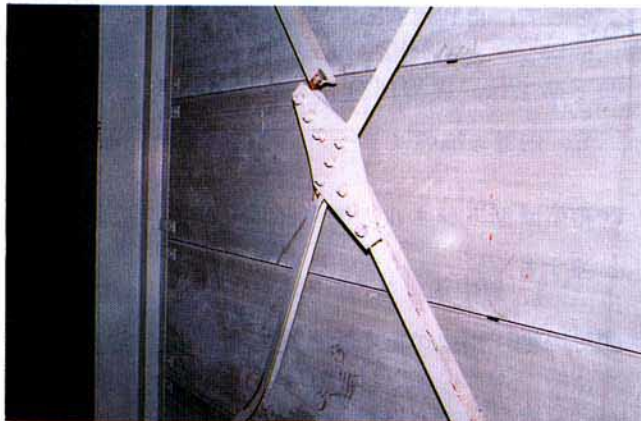


写真3.2.92 妻壁部変形による壁ブレースの破断
および座屈



写真3.2.95 エレベーター付近の内装材破損



写真3.2.93
エレベーター
付近の内装材
破損



写真3.2.96 階段廻りの手摺壁倒壊

3.3 緊急対応

3.3.1 構造物診断

浜田達幸* 金谷忠良**

調査技術部では、クライアントの依頼に応じて被災現場へ赴き、以下の手順で全般診断と個別診断を行った。

(1) 全般診断

被災した路線全線にわたって、まず、破損状況を把握し、それに最適な復旧方法を提案することを目的として、目視調査を実施した。全般診断を実施した路線延長の内訳を表3.3.1に示す。

表3.3.1 全般診断の延長内訳表

診断対象	依頼件数 (件)	診断延長 (km)
地上構造物 (橋梁、土構造物)	3	25.9
地下構造物 (開削トンネル、シールドトンネル)	2	53.1
計	5	79.0

全般診断を実施した被災構造物の状況は以下のとおりであった。

①地上構造物は、ラーメン高架橋の梁と柱の接合部・橋脚の上・下端・支承部・橋台裏込部といったこれまでの震災で被害が報告されている箇所に、破損が集中していた。これらの破損について、一部に施工不良や材料劣化が原因とする見解もあるが、それらはある程度、設計基準に安全率として盛り込まれているものである。むしろ、設計基準での想定をはるかに上回る加速度・速度・変位が構造物の弱点に作用して、一気に破壊したものと考えられる。

②地下構造物は、神戸高速鉄道の大開駅が顕著な崩壊例として広く報告されているが、わが社が診断した区間では、部分的に箱型断面隅角部に剥落・露筋が見られたものの、地震の影響が認められなかった区間が多かった。

これらの被災状況に応じた復旧方法の基本方針として、以下のことを提案した。

- ①落橋した上部工のうち、損傷の少ないものは補修をして、再利用する。
- ②下部工は、破損部分のコンクリートを打ち直して、内巻き補強（ラーメン構造の場合）等を行う。
- ③箱型断面トンネルの損傷部は、鋼板を接着して補強する。
- ④その他、損傷の厳しい部分はつくりかえる。

(2) 個別診断

個々の構造物については、わが社が全般診断実施後に詳細な調査が必要と判断したもの、クライアント側の緊急点検実施後に対策を要請されたものについて診断した。その内容は、外観調査と計測・試験に分けられる。

①外観調査（依頼件数3件）

変位（沈下・側方移動）・ひびわれ等の変状が確認された構造物について、その数量を把握するとともに、対策レベル（監視・補修・補強・更新）を提案することを目的として実施した。破壊に至った構造物は全般診断（緊急点検）の段階で復旧対策を講じられたが、それより軽微な変状にある構造物は、措置判断に迷う場合があった。そのために、より詳細なデータを個々に収集して、判断材料を補足した。調査手法は、ハンマ・テープ等の簡便な器具を用いて、構造物をつぶさに観察することを採用したが、変状の安定性には特に注意した。

*技術士 調査技術部 **技術士 調査技術部

②計測（依頼件数 4 件）

被災した橋梁のうち、傾斜した橋脚および落橋の可能性のある桁については、計測機器を設置して変位追跡調査を実施した。調査技術部が担当して計測した箇所の内訳を表3.3.2に示す。これまでの計測結果は、復旧工事中に多少の変動はあったものの、要注意領域には至らず、現在でも安定した状態にある。

表3.3.2 計測箇所数一覧表

計測対象構造物	計 測 機 器	設置箇所数
橋 脚	差動トランス式固定型傾斜計	42
桁	光学式 3 次元計測機	4

③試験（依頼件数 1 件）

地震により橋台および橋脚が沈下した橋梁について、下部工の安定性を確認するために、下部工に加速度計を設置して、列車通過時の鉛直・左右・前後方向の振動を測定した。

その結果、動の変位量は微小なレベルにとどまっており、下部工は健全であると判断した。

3.3.2 依頼事項とその対応

福田安宏* 田中隆一郎**
 斉藤雅文*** 山口直紀****

鉄道復旧のため、わが社が地震発生後 3 ヶ月間に取組んだ緊急対応の概要を、各事業主体毎に表3.3.3に示す。

表3.3.3 地震発生後 3 ヶ月間の依頼事項とわが社の対応

(1) JR新幹線

依 頼 事 項		内 容 お よ び そ の 対 応
1	新大阪～六甲トンネル間 高架橋ジョイント部の変 状調査	今後の高架橋の補強方法・軌道工事の基本のデータとするため、依頼日の翌日に24名の調査員を現地に派遣し、3日後に調査結果を報告した。
2	新大阪～六甲トンネル間 軌道線形（平面）の検討	上記の変状調査結果および被災直後の高架橋平面測量結果をもとに、平面的にずれが生じた軌道線形のすり付け作業を行い、CADを駆使して、依頼日より3週間目に高架橋の変状に即した平面線形を提出した（写真3.3.1）。
3	西明石駅ホーム桁の耐震 連結、ストッパーの設計	現地対策本部からの緊急要請により、鋼構造技術者2名を現地に派遣し、現地にて鋼桁のストッパーなどの設計を行った。

*技術士 第二設計部 **技術士 第二設計部 ***技術士 第二設計部 ****技術士 第二設計部

(2) JR在来線

依 頼 事 項		内 容 お よ び そ の 対 応
1	新長田駅付近 復旧線形検討	駅付近の盛土・擁壁崩壊、駅舎・ホーム等に損傷を受けた新長田駅付近の復旧工事に必要な線形について、工事スケジュールの都合上、貸与される現地座標測量の結果をもとに復旧線形検討の緊急依頼を受け、約1.4km間の上下線の線形を検討、現地事務所の要請に対応した。
2	三ノ宮～元町間復旧工事に伴う高架下建物調査	高架下では約300の店舗が営業しており高架橋復旧工事に伴い支障する店舗の全面撤去あるいは一部撤去が必要となった。高架復旧完了後のこれらの店舗の復元に必要な調査算定を行う補償業務を実施した。
3	住吉～灘間の計測にアドバイザーとして参加	高架橋の計測について、JR西日本から緊急のアドバイザーとしての参加依頼を受け、直ちに技術者3名を六甲道現場事務所に派遣し、計測内容、解析方法に係る深夜におよぶ合同会議に参加。また、計測および解析について支援を行った。

(3) 阪神電鉄

依 頼 事 項		内 容 お よ び そ の 対 応
1	全線の被害調査および測量	全線にわたり、高架橋、盛土、ずい道（元町～岩屋）の目視による被害調査を実施するとともに、復旧資料作成のため、延長3km区間の測量（基準点測量、平面縦断測量、柱位置測定、架道橋詳細調査）を実施した（写真3.3.2）。
2	各種復旧対策の検討	①西灘駅復旧検討 駅盛土部の高架化改良案の提示 ②高架橋補修・補強検討（西灘～御影間） 復旧案の比較検討、運輸省説明資料作成 ③架道橋復旧（9箇所）検討 復旧案の比較検討、運輸省説明資料作成 ④石屋川駅復旧検討 復旧案の比較検討、盛土型式からパイルベント高架形式への改良案の提示
3	西灘～御影間高架部計測	補強後、列車走行安全確保のため、高架部の計測（応力管理、変位管理、衝撃振動試験）を実施した。
4	駅舎復旧改良検討（大石駅、新在家駅、石屋川駅）	復旧および駅設備の改良を図るため、基本計画・実施設計・信号所設計を実施した。
5	石屋川車庫復旧検討	復旧および駅設備の改良を図るため、配線計画・高架構造比較検討・建築設計を実施した。

(4) 阪急電鉄

依 頼 事 項		内 容 お よ び そ の 対 応
1	三宮駅被害状況調査および復旧設計支援	駅の早期復旧にあたり、駅ビルおよび高架部分の被害調査、診断を行うとともに、応急復旧および本復旧のための設計支援を行った。
2	宝塚駅上屋（屋上駐車場）復旧支援	被害調査および復旧対策の支援を行った。
3	梅田～西宮北口間被災橋梁の振動試験 他	運転再開に伴い、被災橋台、橋脚の安全性確認のための振動測定試験を行うとともに、基礎の根入れ・河床調査を行った。
4	神戸高速鉄道 生田架道橋復旧に伴うRC高架橋の設計支援	RC高架橋および橋台ラーメン損傷の復旧設計を行った。 (神戸高速鉄道が阪急電鉄に依頼)

(5) 南海電鉄

依 頼 事 項		内 容 お よ び そ の 対 応
1	紀ノ川橋梁衝撃振動試験	2年前より調査を行っている橋脚について、JR総研の指導を得て、直ちに現地入りして衝撃振動試験を行い、極めて短期間で震災による影響度合いを取りまとめた。
2	連立高架橋の耐震検討	連立高架橋代表ブロックを抽出し、静的骨組解析モデルを用いて、南海電鉄内の耐震勉強会資料を作成した。依頼日より1週間で、検討を行い水平震度・鉛直震度を0.8程度まで0.1ずつ段階的に上げていながらその影響を確認したが、静的な骨組バネモデル解析では今回のような地震による損傷を確認するのは難しいという結論を得た。併せて、設計規準を年代別に整理し、設計年次によって設計成果の違いを確認した。

(6) 神戸高速鉄道

依 頼 事 項		内 容 お よ び そ の 対 応
1	高速長田駅の被害調査および復旧設計支援	駅の被害状況を調査するとともに、応急仮受工の設計、復旧のための補強設計および施工計画を実施した。

(7) 神戸電鉄

依 頼 事 項		内 容 お よ び そ の 対 応
1	湊川～長田間 復旧線形検討	トンネル・切取法面・土留等の被災箇所の復旧工事に必要な約1.5km区間の現地測量、復旧線形の検討を行った（写真3.3.3）。

(8) 山陽電鉄

依 頼 事 項		内 容 お よ び そ の 対 応
1	塩屋駅付近の被害状況調査および復旧設計支援	盛土構造物、駅施設等の被害調査を行うとともに、線形計画、仮橋脚等、応急復旧設計支援を実施し、鉄道総研の指導を得て、本復旧における設計の条件整理等を行った（写真3.3.4）。

(9) 神戸市交通局

依 頼 事 項		内 容 お よ び そ の 対 応
1	地下鉄三ノ宮駅損傷調査	1/27より延べ20人の調査員を派遣し、機械室のクラックを調査した。
2	地下鉄西神線名谷高架付近衝撃振動試験	徐行解除に先立ち、名谷高架橋の橋脚3基を対象に衝撃振動試験を行い、被災橋脚の補強効果と健全度を確認した。 なお、実施にあたってはJR総研の指導を得て、緊密な連絡・協力体制のもとで短期間にて試験を行い、健全度指標を提出した。
3	地下鉄長田駅・三宮駅復旧設計支援	応急仮受工の設計および復旧のための補強設計を実施した。

(10) 大阪市交通局

依 頼 事 項		内 容 お よ び そ の 対 応
1	御堂筋線江坂駅付近高架橋の桁のサイドストッパー補強設計	高架橋の桁のずれに伴い、沓の取り替え・サイドストッパーの設置方法を検討した。限界状態設計法を用い、JRでの事例・施工性を踏まえて、最適案を選定した。
2	御堂筋線江坂駅の補強設計	ラーメン高架橋の損傷に伴い、応急仮受工の設計、損傷支柱の補強設計を実施した。

(11) 京都市交通局

依 頼 事 項		内 容 お よ び そ の 対 応
1	烏丸線構造物健全度調査の計画書作成	耐震性向上への補強対策に対する基礎資料を得るための調査計画書作成の依頼を受け、烏丸線全区間（延長11 ^k 990）の調査の提案書を2/27に提出した。

(12) 神戸新交通

依 頼 事 項	内 容 お よ び そ の 対 応
1 国道2号区間の被害状況調査と安全対策の検討	1/19に建設省兵庫国道工事事務所より、被害状況調査と余震に対する緊急処置案の検討を依頼され、以下の対応を行った。 ①橋脚の撤去または補修の判定 ②落橋寸前の上部工の撤去計画 ③撤去および復旧橋脚の仮ベント設置の検討 ④上部工・下部工の平面変動・傾斜・沈下等の測定および変形に対する継続調査 ⑤応急復旧並びに復興に対する検討および設計
2 神戸市区間の被害状況調査	神戸市の依頼によりポートアイランド線・六甲アイランド線の被害状況調査と測量調査を行った。 ・被害状況調査 延べ30人の調査員を現地に派遣して、橋脚の破損状況・傾斜・桁の破損状況・支承・耐震連結の状況・桁ずれ・橋面上走行路の状況・フーチング周辺の地盤変状等を調査した。 ・測量調査 走行路面上での縦断・軌道中心線橋脚中心座標等の測量を行った。
3 線形設計と構造検討	被災状況調査および測量結果をもとに、復旧のための線形の検討を行うとともに、傾斜した橋脚の安全性を検討し、補修・補強の要否の判定を行った。
4 神戸新交通各種委員会への対応	学識経験者を中心とする下記の委員会に、当初より参画した。 ①震災復旧技術検討委員会 ②神戸市道路橋復旧アドバイザー会議 ③新交通システム被災状況等に関する調査連絡会議

(13) 鉄道総合技術研究所

依 頼 事 項	内 容 お よ び そ の 対 応
1 山陽新幹線およびJR東海道本線開業前衝撃振動試験	山陽新幹線西明石～神戸間の高架橋31基、JR東海道本線住吉駅付近高架橋8基の衝撃振動試験に際し、試験班のうちの1班として参画した。



写真3.3.1 六甲トンネル付近高架橋水準測量



写真3.3.3 神戸電鉄湊川・長田間災害復旧調査



写真3.3.2 阪神電鉄御影～西灘間基準点測量



写真3.3.4 山陽電鉄塩屋駅構内被害状況調査

付表 路線別・箇所別鉄道施設被害一覧表

(新聞等の報道情報による)

事業者	路線名	被害区間又は位置	被害状況
J R 東 海	東 海 道 新 幹 線	京都～新大阪	高架柱損傷 7ヶ所
		新大阪駅	高架橋桁ずれ
J R 西 日 本	山 陽 新 幹 線	新大阪～新神戸	橋梁・高架橋落橋 7ヶ所 橋脚・高架柱損傷 18ヶ所 六甲トンネル一部損傷
		新神戸駅	ホーム桁ずれ
		新神戸～西明石	橋梁落橋 1ヶ所 橋脚・高架柱損傷 16ヶ所 神戸トンネル } 一部損傷 須磨トンネル } 高塚山トンネル }
		西明石駅	橋脚・高架柱損傷
		西明石～姫路	橋脚・高架柱損傷 17ヶ所 路盤陥没 1ヶ所
	東 海 道 本 線	立花～甲子園口	橋梁損傷
		西宮～芦屋	盛土法面崩壊
		芦屋～住吉	盛土沈下、土留擁壁損傷
		住吉～六甲道～灘	六甲道付近高架橋約2km 落橋、橋脚・高架柱損傷 盛土法面崩壊
		三ノ宮～元町～神戸	高架橋一部損傷
		芦屋駅・六甲道駅	橋上駅舎・ホーム・上家損傷
		甲子園口・西ノ宮 住吉・三ノ宮 元町・神戸 } 各駅	ホーム・上家など損傷
	山 陽 本 線	神戸～兵庫	高架橋一部損傷
		兵庫～新長田～鷹取	盛土沈下・土留擁壁損傷
		明石～西明石	切取法面崩壊橋梁桁ずれ
		新長田駅	駅舎、ホーム・上家損傷
		鷹取・須磨・西明石 各駅	ホーム・上家など損傷
	福 知 山 線	中山寺駅	ホーム・上家損傷
J R 貨 物	東 海 道 線	東灘信号場～神戸港	路盤陥没、盛土法面崩壊
阪 急 電 鉄	神 戸 線	神崎川～園田	路盤陥没
		武庫之荘～西宮北口	橋台・橋脚の損傷 路盤陥没・盛土法面崩壊
		西宮北口～夙川	高架橋約200m落橋
		夙川駅	ホーム損傷
		三宮駅	高架橋損傷、駅舎損傷
	宝 塚 線	中津～十三～三国	路盤陥没・橋梁損傷
		豊中～蛍池	桁ずれ

事 業 者	路 線 名	被害区間又は位置	被 害 状 況
阪 神 電 鉄	宝 塚 線	豊中駅	桁ずれ
	伊 丹 線	伊丹駅	駅部高架橋落橋
	今 津 線	今津～阪神国道	路盤陥没
		阪神国道駅・仁川駅	路盤陥没
		苦楽園口～甲陽園	路盤陥没
	甲 陽 線	芦屋～深江	橋梁損傷
	阪 神 本 線	青木～魚崎	盛土法面崩壊・土留擁壁損傷
		御影～石屋川～新在家～大石～西灘	橋梁落橋 8ヶ所 高架橋約 2 km落橋及び損傷
		西灘駅など 9 駅	駅舎・ホーム損傷
		石屋川車庫	高架橋落橋（車庫全壊）
須磨寺～須磨		擁壁崩壊	
山 陽 電 鉄		霞ヶ丘～舞子公園	路盤陥没
		西舞子～大蔵谷	擁壁崩壊
	中八木～江井ヶ島	路盤陥没	
	神 戸 電 鉄	板宿駅など 3 駅	駅舎・ホーム損傷
		須磨浦公園など 9 駅	ホーム損傷
有 馬 線		湊川～長田	トンネル損傷・切取法面崩壊・土留壁崩壊
		山の街～箕谷	路盤陥没
	箕谷駅	ホーム損傷	
	花山～大池	路盤陥没	
	有馬口～有馬温泉	切取法面崩壊	
	粟 生 線	川池信号場～木津～木幡	路盤陥没
		三 田 線	道場～横山～三田本町
神 戸 市 交 通 局	地 下 鉄 山 手 線		新長田～上沢
		三宮駅・上沢駅	トンネル中間柱損傷
神 戸 高 速 鉄 道	東 西 線	三宮～花隈	高架橋落橋、高架橋損傷
		大開～高速長田	トンネル中間柱・側壁損傷
		大開駅	トンネル120m崩壊
		高速長田駅	トンネル中間柱損傷
神 戸 新 交 通	ポートアイランド線	全 線	駅舎・橋梁損傷
		三宮～貿易センター～ ポートターミナル～中公園	橋梁落橋、桁ずれなど
	六甲アイランド線	全 線	駅舎・橋梁損傷
大 阪 市 交 通 局	御 堂 筋 線	江坂駅	駅部高架橋損傷

—参考文献—

- 1) ㈱土木学会；阪神大震災震害調査 緊急報告会資料，1995. 2. 18
- 2) ㈱土木学会；土木学会阪神大震災震害調査 第二次報告会資料，1995. 3. 30
- 3) 神戸大学工学部建設学科土木系教室兵庫県南部地震学術調査団；兵庫県南部地震緊急被害調査報告書（第1報），1995. 2. 17
- 4) 神戸大学工学部建設学科土木系教室兵庫県南部地震学術調査団；兵庫県南部地震緊急被害調査報告書（第2報），1995. 3
- 5) 鹿島建設株式会社；平成7年兵庫県南部地震被害調査報告書（第1報），1995. 2. 1
- 6) 鹿島建設株式会社；平成7年兵庫県南部地震被害調査報告書（第2報），1995. 3. 31
- 7) 西日本旅客鉄道株式会社；緊急特集 阪神大震災，MONTHLY NEWS 94. 1995. 2
- 8) 神戸市交通局；第1回神戸市高速鉄道 震災復旧対策技術委員会資料，1995. 2
- 9) 神戸高速鉄道株式会社；平成7年1月17日兵庫県南部地震 阪神大震災による鉄道施設の被害状況，1995. 2

4. 道路の被害と緊急対応

4.1 概要

安田 穰*

(1) はじめに

阪神・淡路大震災では、阪神高速道路のピルツ橋の横転など高架構造物に甚大な被害が発生し、倒壊した沿道建物が道路を塞ぐなど、発災当初は高速道路・一般道路ともに随所で通行不能となり、道路交通は麻痺状態であった。この間の陸上交通への機能面での影響は1.2節で既に紹介したとおりである。

本章では、道路構造物の被害状況と緊急対応についてとりまとめる。道路構造物の被害については、土木学会や神戸大学などから既に詳細な被害調査報告書が発刊されているところである。しかし、今回の地震被害は広範囲に及んでいることから、これらの既往文献が全ての被害を網羅してはいない。

そこでまず、4.2節では、わが社の技術陣が発災直後から調査した道路構造物の被害状況を、市域（神戸市内は区域）別にまとめる。ついで、4.3節では、道路管理者などからの依頼によって実施した道路橋の調査点検および緊急対応の代表例をまとめている。

(2) 被害調査の概要と対応

1月17日の災害発生の当日より建設省および日本道路公団を始めとする道路・橋梁管理者などからの被害調査要請が相次いだ。それらの要請は、次のように大別できる。

①広域的な被害の全容を目視を主とした1次調査により把握し、必要に応じて計測および緊急・応急対応を行う。

②個別の橋梁・高架橋または路線を対象に、1次調

査で被害を把握し緊急・応急対応を検討するとともに必要に応じて復旧設計を行う。

上記①、②のいずれにおいても、直ちに被災現場に赴き、被害状況の把握、緊急処理および撤去の必要性の判定を行った。また、被災構造物の被害進行性についての判断も必要であった。

なお、現場作業は二次災害の危険性を含んでおり、調査に当たっては安全性の確保を重点課題とし、2人1組での行動を原則とした。また、初動における最大の問題点は交通手段であった。倒壊家屋や落橋による交通分断、交通規制等により、1日の行動範囲が限定され、広範囲にわたる調査にはかなりの人手と時間を要した。

(3) 平面・盛土区間の被害概要

平面・盛土区間が受けた被害の特徴を列記すれば以下のとおりである。

①異種構造形式の接合箇所での段差

平面区間が主体の一般道路では、路線の途中にある橋梁・盛土・擁壁区間など異なる構造形式と接する箇所で、集中的に段差が発生していた。このタイプの代表例が、橋台背面裏込め土の陥没による橋梁取付部の横断方向の亀裂や段差である。この被害は臨海部の方が著しく、神戸市東灘区では1mもの段差があった。

また、高速道路のランプ出路が平面道路に分合流する箇所にも、継目地部分に段差が生じていた。

②路面の陥没と亀裂

路面の陥没や亀裂は、地下埋設物の崩壊によるものと、路盤自体の変形によるものがある。前者は、道路下に埋設された構造物が圧壊されて出来た

*技術士 第三設計部

空洞に路盤が崩れ込んで、路面陥没に至ったものである。このタイプでは陥没の範囲が広範囲となることが多く、神戸高速鉄道大開駅の駅舎崩壊による路面陥没が代表例である。芦屋市の臨海部では、水道管の損壊による路面陥没が発生した。

後者は、道路下の路盤・支持地盤の液状化や側方流動などによるものである。堤防道路での法面崩壊による天端の沈下もこのタイプの一種と言えよう。このタイプでは、舗装版の浮き上がり・段差・亀裂、歩車道境界や中央分離帯縁石の移動などが発生した。特に、ポートアイランドや臨海部で液状化が著しく、舗装版が浮き上がった箇所もあった。また、液状化による土砂の噴出は、マンホールや電柱の周囲などで著しい。車道部と歩道部を比べると、舗装構造の貧弱な歩道部の方に被害が多い。特に、アメニティに配慮したブロック舗装などに被害が多くなっていた。

③沿道建物の倒壊による路面の損傷

一般道路は随所で沿道建物などの倒壊により、路面が損傷を受けた。このタイプの被害は、道路の通行を阻害することが多く、機能面での影響が甚大であった。住宅地の生活街路では、崩壊した民家で通行不能となる区間が多かった。国道2号などの幹線道路では、倒壊民家で歩道が通行不能となり、車道を歩行者・自転車が通行せざるを得ない箇所が随所に見られ、交通渋滞の一因となっていた。

(4) 高架橋の被害概要

高架構造物が受けた被害の特徴を列記すれば以下のとおりである。

①下部工の被害

- ・被害は主としてRC橋脚に発生し、鋼製橋脚には一部を除いて損傷は少なかった。
- ・RC橋脚の被害は単柱式橋脚に集中し、曲げひび割れ・せん断ひび割れ・せん断破壊・曲げ破壊が見られた。

- ・鋼製橋脚の被害としては局部座屈が見られた。

②上部工の被害

- ・上部工が落橋した。
- ・落橋防止装置が破壊した。
- ・セットボルト・沓が破壊し、桁端部のフランジ・ウェブに局所的な座屈が発生した。

なお、高架構造物が受けた損傷・倒壊などの被害の原因には、共通的なものと個別のものがあり、個々の立地状況・材料・設計・施工状況等々を十分に分析するなど今後の調査・研究を待つ必要があると思われる。

が、被害の特徴を列記すれば下記のとおりである。

4.2 各市の被害状況

藤村 安則* 芦岡 三雄**

4.2.1 尼崎市内

本市域では、名神高速道路での被害が顕著で、一般道路にも被害が見られた。以下に、各箇所の被害状況を示す。

(1) 平面道路

平面道路では、液状化や側方流動による舗装版の浮き上がり・段差・亀裂が多数発生した。通行量の少ない自転車・歩行者専用道路では、液状化で噴出した大量の土砂が放置され、4日後でも舗装面が完全に土砂で覆われていた。側溝も土砂で埋まっていた。崩壊した沿道民家で道路機能が阻害されている箇所も多かった。また、神崎川に架かる橋梁の取付部では、路面に横断方向の亀裂が生じた（写真4.2.1～5）。

(2) 高架道路

名神高速道路では、連続中空床版橋の壁式橋脚が圧壊し、主鉄筋が露出した。また、橋座面の沈下による上部工の損傷が見られた（写真4.2.6、7）。



写真4.2.1 平面道路の段差



写真4.2.2 自転車・歩行者専用道路に噴出した大量の土砂



写真4.2.3 同上



写真4.2.4 歩道上に崩壊した沿道民家



写真4.2.5 橋梁取付部の亀裂



写真4.2.6 名神高速道路壁式橋脚の被害



写真4.2.8 盛土法面の崩壊と路面の陥没



写真4.2.7 同上



写真4.2.9 同上

4.2.2 伊丹市内

本市域では、平面道路では路面の陥没、高架道路では橋脚の損傷が目立った。以下に、各箇所の被害状況を示す。

(1) 平面道路

天神川右岸の堤防道路では、堤防法面が崩壊し、これに伴い天端路面が陥没、コンクリート舗装とアスファルト舗装の境界に約1mの段差が生じた（写真4.2.8、9）。

(2) 高架道路

国道176号高架橋では、橋脚にせん断ひび割れが生じ、コンクリートが剥離し、鉄筋が露出したが、鉄筋の破損には至っていなかった。

JR跨線橋は鋼桁で橋脚に被害は少なかったが、PC桁の取付区間の橋脚に被害が目立った。柱部の破損は典型的なせん断破壊で、かぶりコンクリートが剥離し、軸方向鉄筋が圧縮変形した（写真4.2.10,11）。



写真4.2.10 高架橋橋脚のせん断ひび割れ



写真4.2.11 同上

4.2.3 西宮市内

本市域では、桁の落下など高架区間での甚大な被害とともに、盛土・平面区間では路面の陥没が目立った。以下に、各箇所の被害状況を示す。

(1) 平面道路

武庫川堤防道路では、舗装部分とガッターの間に隙間10cm、高低差20cm程度の段差が生じた。また、甲子園浜に架かる橋梁の取付部では、橋台背面裏込め土の陥没により、路面に段差が生じた。なお、アンダーパスの区間には目立った被害がなかった（写真4.2.12～15）。



写真4.2.12
堤防道路の亀裂



写真4.2.13 同上



写真4.2.14 橋梁取付部の段差



写真4.2.15 健全なアンダーパス

(2) 高架道路

国道171号高架橋では、阪急電鉄との交差部分の桁が落下した。また、下部工の大半が損傷を受けた。阪神高速道路では、久津川左岸のRC橋脚が崩壊し、この橋脚に載る2径間分約100mの鋼製橋桁が国道43号上に落下した（写真4.2.16～19）。



写真4.2.16 桁が落下した国道跨線橋



写真4.2.17 桁が落下した国道跨線橋



写真4.2.20 歩道部の隆起と撤去されたアスファルト



写真4.2.18 阪神高速道路の橋脚の崩壊



写真4.2.21 擁壁部の破損、及び歩道部の隆起



写真4.2.19 同上



写真4.2.22 長い区間に渡る地割れ

4.2.4 宝塚市内

本市域では、平面道路では路面の隆起・陥没、高架道路ではRC橋脚の損傷が目立った。以下に各箇所の被害状況を示す。

(1) 平面道路

広い範囲に渡って舗装面が隆起・陥没していたが、一部ではアスファルトを敷き直し仮復旧された箇所も見られた（写真4.2.20～22）。

(2) 高架道路

中国自動車道・国道176号高架部に一部、コンクリート剥離、橋脚の亀裂が見られるが、顕著な被害は見られない。武庫川・仁川等に架かる橋梁には大きな被害がなく、橋面付属物の被害が随所で見られた。また、一部の橋脚には鉛直方向のひびわれが発生していたが、通行不能になる程には至っていなかった（写真4.2.23～27）。



写真4.2.23 橋脚上部コンクリート剝離



写真4.2.27 橋脚の亀裂



写真4.2.24 擁壁一部破損



写真4.2.25 親柱の損壊



写真4.2.26 親柱破損

4.2.5 芦屋市内

本市域では、阪神高速道路での甚大な被害とともに、平面道路での路面の隆起・陥没が目立った。以下に、各箇所の被害状況を示す。

(1) 平面道路

地盤の隆起・陥没による段差が随所で見られ、特に臨海部での被害が顕著であった。また、地盤変状による歩道橋の階段部取付け擁壁の沈下や道路橋橋台背面の段差が見られた（写真4.2.28～31）。

(2) 高架道路

阪神高速道路では、RC橋脚の被害や、鋼製橋脚の局部座屈が随所で見られた。また、橋脚の変形移動による上部工（鋼桁）の座屈も見られた（写真4.2.32～34）。



写真4.2.28 歩道部の段差約30cm



写真4. 2. 29
地盤沈下による
地すべり



写真4. 2. 30
歩道橋階段部取
付け擁壁の沈下



写真4. 2. 31 車道部の段差

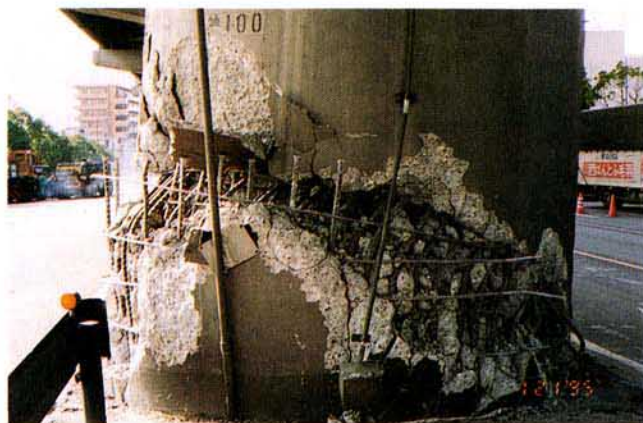


写真4. 2. 32 圧接部で破断した鉄筋



写真4. 2. 33 鋼製ラーメン橋脚の座屈による塗装の
はがれ



写真4. 2. 34 主桁（腹板）の座屈による斜め45° 方向
の塗装のはがれ

4.2.6 神戸市東灘区内

本区域では、650mに及ぶ倒壊などの阪神高速道路の甚大な被害とともに、盛土・平面区間での路面の陥没が目立った。以下に、各箇所の被害状況を示す。

(1) 平面道路

一般道路では、平面区間で液状化による噴砂が多

発し、マンホールの浮き上がりも見られた。橋梁取付部には高低差約1mの段差が生じた。また、高速道路のランプ出口と国道43号との合流部や、ランプ擁壁と高架部など異種の構造形式の接合部に段差が生じた。さらに、住吉川の堤防道路では、護岸の石積が崩壊し、天端の道路部に縦方向の亀裂が発生した（写真4.2.35～40）。



写真4.2.35 浮き上がったマンホール



写真4.2.38 ランプ出口のクラック



写真4.2.36 橋梁取付部の段差



写真4.2.39 堤防道路石積の崩壊と道路部の被害



写真4.2.37 ランプ出口の段差



写真4.2.40 同上

(2) 高架道路

阪神高速道路では、ピルツ式PCゲルバー桁橋が約650mに渡って転倒した。この転倒した区間の近くでは、破壊に至らないまでも桁の移動や、橋脚のひび割れなどが多発した（写真4.2.41、42）。



写真4.2.41 ピルツ式PCゲルバー桁橋の転倒



写真4.2.42
同上

4.2.7 神戸市灘区内

本区域では、桁の落下などの阪神高速道路の甚大な被害とともに、平面道路での路面の陥没が目立った。以下に、各箇所の被害状況を示す。

(1) 平面道路

平面道路では、平面区間で液状化による噴砂や沈下が多発し、路面の至る所に亀裂が生じた。また、橋梁の取付部には高低差約30cmの段差が生じた。倒壊した民家が歩道を塞いでいる箇所も多かった

（写真4.2.43～46）。



写真4.2.43 平面道路の被害



写真4.2.44 同上



写真4.2.45 平面道路の被害と歩道を塞ぐ倒壊建物



写真4.2.46 同上

(2) 高架道路

阪神高速道路では、上り線ランプのRC橋脚がせん断破壊し、PC桁が落下した。上り線ランプは橋脚が座屈し、上部工がジョイント部で折れ曲がった（写真4.2.47、48）。



写真4.2.47 阪神高速道路ランプの桁落下



写真4.2.48 阪神高速道路橋脚の被害

4.2.8 神戸市中央区内

本区域では、桁の落下などの阪神高速道路の甚大な被害とともに、平面道路での路面の損傷が他区以上に目立った。以下に、各箇所の被害状況を示す。

(1) 平面道路

平面道路では、液状化による噴砂や側方流動が多発し、交差点部を中心に至る所で陥没や舗装版のめくれなどが生じた。地下埋設物が路面に浮き上がった箇所もあった。ポートアイランド内でも液状化が

顕著で、路面は土砂で覆われていた。しかし、道路は一様に沈下しており、路面や縁石の被害は軽微であった。また、フラワーロードや都心部の道路は、沿道建物の倒壊で路面に凹凸が生じた（写真4.2.49～54）。



写真4.2.49 平面道路の被害



写真4.2.50 同上



写真4.2.51 ポートアイランド内の道路



写真4.2.52 ポートアイランド内の道路



写真4.2.55 阪神高速道路の被害



写真4.2.53 沿道建物の倒壊による路面の凹凸



写真4.2.56 同上



写真4.2.54 同上の復旧工事

4.2.9 神戸市兵庫区内

本区域では、平面道路の陥没が目立った。以下に、各箇所の被害状況を示す。

(1) 平面道路

平面道路では、神戸高速鉄道大開駅の駅舎の柱が損傷を受け、直上の路面が陥没した(写真4.2.57, 58)。



写真4.2.57 損壊した地下鉄駅直上の路面陥没

(2) 高架道路

阪神高速道路では、メリケン波止場付近でRC橋脚が破壊し、鋼桁が落下した。臨港道路の高架区間においても、上部工が移動し沓座から外れるなどの被害が発生した。鋼製橋脚がちょうちん座屈したものもあった(写真4.2.55, 56)。



写真4. 2. 58 損壊した地下鉄駅直上の路面陥没



写真4. 2. 60 コンクリート舗装版の被害

4. 2. 10 神戸市長田区内

本区域では、阪神高速道路の橋脚の被害と、平面道路での路面の損傷が目立った。以下に、各箇所の被害状況を示す。

(1) 平面道路

平面道路では、コンクリート舗装版の被害が目立った（写真4. 2. 59, 60）。

(2) 高架道路

阪神高速道路では、桁の落下には至らなかったものの、橋脚に甚大な被害が発生した。背の高い鋼製橋脚の座屈、ランプ橋脚の梁と柱の付け根部での破壊などが生じた（写真4. 2. 61～63）。



写真4. 2. 61 阪神高速道路の鋼製橋脚の座屈



写真4. 2. 62 同上



写真4. 2. 59 コンクリート舗装版の被害



写真4. 2. 63 RC橋脚の被害

4.3 調査点検と応急対応

4.3.1 概要

本久 明*

本節では、道路橋の調査点検および緊急対応の代表例をとりまとめている。その特徴点を要約すると以下のとおりで、道路橋の立地条件・被災状況などが多様であることから、道路橋の点検・設計は実に多様性に富んでいる。マニュアルが通用する部分は極く限られており、個別の点検・設計などには経験豊富な技術者の高度な判断が必要であった。

①目的の多様性

調査点検・緊急対応の目的は、以下のように種々であった。

- ・被災後の健全度の判定
- ・復旧工事立案に向けた被災状況の把握
- ・緊急輸送路の早期復旧
- ・二次災害の防止

②道路機能の多様性

道路橋は当然のことながら、路線全体として機能している。路線が持つ機能は種々であり、かつ高速道路から地区内生活街路まで、道路には階層性がある。

③立地条件の多様性

道路橋は様々な位置に存在する。臨海部・内陸部・山岳部といった区分もあれば、河川・運河・海を渡る橋梁、鉄道・道路を跨ぐ橋梁、市街地における高架橋といった区分もある。

今回の直下型地震の震源からの位置関係といった切り口からの立地条件も、被災状況の分析には重要な視点であろう。

④構造形式・使用材料の多様性

上部工・下部工・基礎の構造形式・使用材料には

実に多様な組み合わせがある。道路橋はその1つ1つがオーダーメイドであることから、1つとして同じものはない。

⑤建設年次の多様性

社会資本としての道路橋には長期間の耐用性が求められることから、現存する道路橋の建設年次は種々である。この多様な建設年次は、適用示方書の多様性、補修や補強の履歴の多様性に結びついている。

⑥被災状況の多様性

③から⑤の多様性は、被災状況を多様なものとしている。

⑦緊急対応の多様性

①から⑥の多様性は、多様な緊急対応を要請することとなる。それぞれの被災道路橋において、道路の機能・立地条件などから見て最善の緊急対応が求められる。なお、今回の緊急対応を類型化すると、つぎのようになる。

(a)応急措置による道路面の平坦化

- ・亀裂・段差部の仮舗装
- ・伸縮継手への応急対策

(b)桁・橋脚への応急措置による落橋・倒壊の防止

- ・支保工の設置
- ・亀裂・破損部への鋼板接着、樹脂注入、モルタル充填
- ・落橋防止装置の設置

(c)桁・橋脚の撤去

- ・落橋した桁、破損した橋脚の撤去
- ・落橋・倒壊の危険性の高い桁・橋脚の撤去

(d)通行止めまたは通行制限

(e)仮設道路の設置

*技術士 企画室

4.3.2 神戸・阪神間地域の国道橋梁点検

笠原 勝人*

(1) 調査の概要

近畿地方建設局国道工事事務所の依頼で、管内全橋梁の安全性に関する基礎資料を得ることを目的として、神戸市・阪神間地域の国道に架かる94橋梁の目視による一次点検を行った。構造種別は、高架橋が15橋、単支間橋梁が79橋である。

点検項目は、①下部構造、②支承部、③上部構造、④落橋防止構造の4項目で、目視によって変状や異常の有無を観察した。調査は地震発生後3週間目の2月初旬に着手したので、被害の大きい高架橋については、試掘調査・樹脂注入・コンクリート増厚などの復旧工事がすでに実施されていた。

(2) 調査結果

点検結果は表4.3.1に示すとおりで、約70%の橋梁に延べ128箇所の変状が認められた。

被災状況の特徴点を以下に列記する（写真4.3.1～14）。

①全般的には、単支間橋梁よりも高架橋の被災度合いが大きい。場所的には、西宮市から芦屋市にかけて被害が多い。

②被害の大きい高架橋については、前述のとおり、すでに復旧工事が実施されていた。

③単支間橋梁の被害では、以下の部位での損傷が目立ち、緊急処置が必要であった。

- ・橋台パラペット前面のクラックと付け根部での損傷
- ・ラーメン橋隅角部などの欠落
- ・桁端部の剥離とクラック

表4.3.1 橋梁点検結果

点 検 箇 所	変状箇所数
下部構造の変状	47
支承部の変状	18
桁などの変状	39
落橋防止構造の異常	24

* 第三設計部



写真4.3.1 高架橋の復旧工事（橋脚試掘）



写真4.3.2 同上（橋脚試掘）



写真4.3.3 同上（樹脂注入）



写真4.3.4 同上（コンクリート増厚）



写真4.3.5 単径間橋梁の被害例（橋面損傷）



写真4.3.6 同上（コンクリート高欄損傷）



写真4.3.7
同上（橋台パラ
ペットの亀裂）



写真4.3.8
単径間橋梁の被
害例
（橋台パラペッ
トの亀裂）



写真4.3.9 同上（桁端部の剝離とクラック）



写真4.3.10 単径間橋梁の復旧例（桁端部鋼板接着）



写真4. 3. 11
単径間橋梁の被害例（RC高欄
の欠落）



写真4. 3. 12
同上（擁壁継目
部の欠落）



写真4. 3. 13 単径間橋梁の被害例（RC隅角部欠落）



写真4. 3. 14 単径間橋梁の復旧例（中桁端部樹脂注入）

4.3.3 川西市内橋梁点検

芦岡 三雄*

(1) 調査の概要

兵庫県土木事務所の依頼で、緊急対策の必要性などを明らかにするため、川西市内の一般国道、主要地方道および一般県道に架かる全橋梁の被災状況を調査した。調査対象は65橋に及んでおり、支承周りを重点に点検調査した。調査は1月28日～30日の3日間行った。

(2) 調査結果

川西市は震源から比較的遠いために、落橋・倒壊した橋梁は皆無で、橋梁の被害は全般的に少なく、緊急対策は必要なかった。個別橋梁で認められた被害は以下のとおりである。

①国道176号 K高架橋

架設中のPC桁が転倒し、桁が折損するとともに、下部工梁部のコンクリートが剝離した。

支承の移動止めや浮き上がり止めの破損、およびボルトの欠落が一部で見られた（写真4.3.15～17）。



写真4.3.15 高架橋沓座の破損

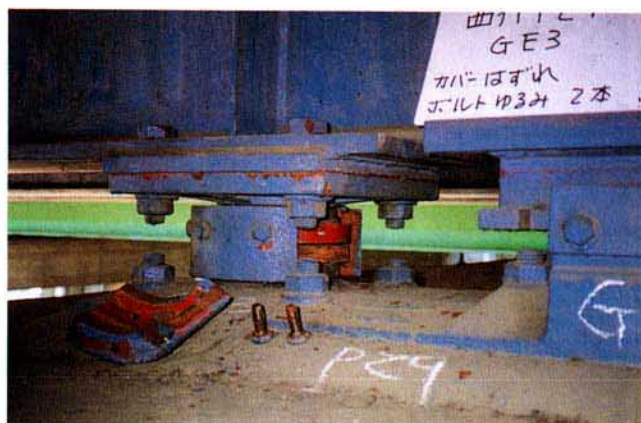


写真4.3.16 高架橋沓移動止めの破損



写真4.3.17 高架橋沓座の破損

②国道173号 H橋梁

3径間連続デックトラス橋の上部工のトラス全体が橋軸直角方向に弓なりに変形移動して、支承が一部破損した。そして、上沓と下沓がずれ、下横構やガセットの一部が座屈した。（写真4.3.18～20）。



写真4.3.18 橋梁支承の破損

* RCCM 第三設計部



写真4.3.19
橋梁支承の破損

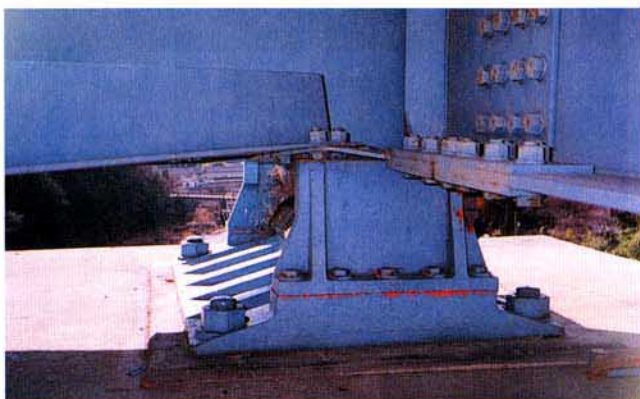


写真4.3.20 橋梁下横構ガセットの座屈



写真4.3.21 傾斜したパイルベント橋脚

4.3.4 高槻市内橋梁点検

木村 孝士

(1) 調査の概要

高槻市の依頼で、市管轄橋梁の健全度を把握するために、人口密集市街地（DID地区）内の全橋梁32橋とDID地区外で橋長15m以上の橋梁9橋の合計41橋を調査した。

調査は、「橋梁震災点検要領（案）」（1991.5，建設省）に準じて、目視による点検を行い、必要な対策工法を提案した。

なお、高槻市の阪神・淡路大震災による震度は4であったが、地震計や被害の状態から見て、一部地域の震度は5であったと見られている。

(2) 調査結果

点検結果では、今回の地震による被害と思われるものは見当たらなかった。地震被害ではないが、昭和46年以前の示方書適用の20橋と建設年次不明の3橋においては、耐震安全性向上に向けた次のような対策の必要性が認められた（写真4.3.21，22）。

- ①桁がかり長の不足対策としての沓座の拡幅
- ②パイルベント式の杭の傾斜対策として、可動側への落橋防止装置の設置
- ③橋脚・橋台のひびわれ部への樹脂注入や、剝落、鉄筋露出部へのモルタル補修



写真4.3.22 橋台のクラック

*RCCM 第三設計部

4.3.5 二次災害防止緊急点検

木村 孝士*

(1) 調査の概要

建設省近畿地方建設局の依頼で、二次災害防止のために、被災した阪神高速道路神戸線高架橋（芦屋市～神戸市東灘区間約2Km）の変状の進展状況を点検した。本調査では1月下旬より15日間に渡り、1日1回目視により巡回点検するとともに、1日に2回計測機器により変位観測した。

なお、調査の着手は地震発生より1週間後であり、建設省の緊急点検結果に基づいた下部工への支保工設置などの緊急措置がすでに完了もしくは施工中であった。点検項目は、以下のとおりである。

- ① 構造物の倒壊可能性の判定
- ② ①に基づく、二次災害防止処置の必要性判定
- ③ 被災構造物の仮補強の進捗状況
- ④ 国道43号通行車両・歩行者の安全対策

点検結果は表4.3.2に示す判定項目にまとめ、点検終了後に毎日、道路管理者に連絡した。また、緊急を要する場合は、現地から直接電話連絡する体制を取った。なお、震度4以上の余震が発生した場合は、直後に巡回点検する体制を取った。

(2) 調査結果

前述したように、巡回点検の判定結果は毎日、道路管理者に定期連絡した。

点検結果の主な成果は以下に示すとおりである。

① 二次災害防止のための判定と処置

点検の結果、判明した主要な問題点と緊急措置は以下のとおりで、この緊急措置もあって、余震による落橋などの二次災害は起こらなかった。

- (a) 橋脚の支保工が形だけになっていて不安定なものは、構造物に充分密着させる。
- (b) 橋脚の損傷が大きく、危険なものは、支保工を設

表4.3.2 緊急点検項目

	上部工	下部工
損傷度判定	A 損傷なし B 落橋の可能性あり C 落橋	－ 損傷なし A 軽微なひび B コンクリート剥離 C 鉄筋変形等 D 至急撤去
継続調査の必要性	1. 目視による監視必要なし 2. 目視による監視必要あり 3. 継続調査（計測等）必要あり 4. 至急仮支柱等による補強が必要あり 5. 至急撤去が望ましい	
損傷状況	イ 損傷なし（多少のひび割れ含む） ロ 塗装の剥離が見られる ハ 落橋防止装置の破損が見られる ニ 支承周辺座屈等の損傷あり ホ 遮音壁、照明、標識等損傷あり ヘ 主桁変形あり ト 床版損傷あり チ 落橋の危険あり リ 落橋	イ 損傷なし（多少のひび割れ含む） ロ 過大なひび割れ・剥離が認められる ハ 周辺の鉄筋が露出、鉄筋の変形あり ニ 橋脚の傾斜が見られる ホ 破壊

置する。

- (c) 上部工の桁端部が大変形して、落橋の恐れのあるものは、支保工を設置する。

② 構造物の損傷度判定結果

点検終了段階における構造物の損傷度の判定結果を、以下に示す。

阪神高速道路神戸線

点検橋梁は、本線部が上部工80径間、下部工81基、ランプ部が上部工14径間、下部工14基であった。点検結果は表4.3.3に示すとおりで、ピルツ式PCゲルバー桁高架橋の下部工13基が倒壊し、上部工13径間が落橋した（写真4.3.23～31）。

* RCCM 第三設計部

表4. 3. 3 阪神高速道路神戸線の点検結果

区分	ランク	損傷の程度	数量
上部工	C	落 橋	13
	B	落橋の可能性あり	22
	A	損 傷 な し	59
	計		94
下部工	—	全 壊	13
	D	倒壊の恐れあり	7
	C	鉄筋の変形あり	25
	B	コンクリート剝離	36
	A	軽微なひび割れ	14
	計		95



写真4. 3. 24 解体中のピルツ式PCゲルバー桁高架橋



写真4. 3. 23
倒壊したピルツ式PCゲルバー
桁高架橋



写真4. 3. 25 鉄筋が変形した橋脚



写真4. 3. 26
桁端部の大変形
により落橋の恐れのある上部工
(対策前)

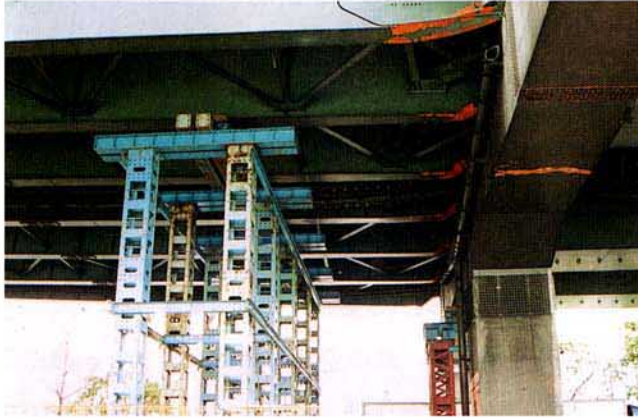


写真4.3.27 桁端部の大変形により落橋の恐れのある上部工（対策後）

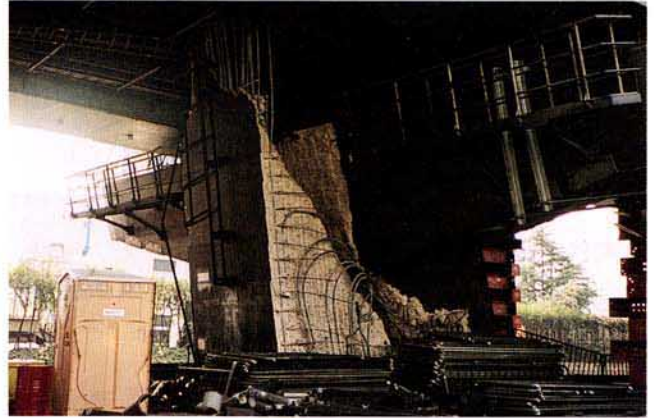


写真4.3.30 倒壊の恐れのある橋脚（対策前）



写真4.3.28
橋脚の傾斜により落橋の恐れのある上部工
（対策前）



写真4.3.31 同上（対策後）



写真4.3.29 同上（対策後）

4.3.6 国道171号高架橋の震災点検と緊急対策

長岡 聡*

(1) 調査の概要

建設省近畿地方建設局国道工事事務所の依頼で、国道171号高架橋の被害状況を点検し、緊急対策を検討した。

本高架橋は、西宮市のほぼ中央部に位置し、阪急電鉄と単独立体交差している。橋長は326.8mで、19連の上部工と17基の下部工より成る。

(2) 被害の概要

①上部工の被害

高架橋のほぼ中央部で、阪急電鉄を跨ぐ鋼単純箱桁が、反時計周りに回転する形で落橋した。この跨線橋部は線路と約40°の交角をなしており、桁もスキューとなっている。そのため、起点方鈍角部には下部工や隣接上部工からの拘束力が作用するが、終点方鋭角部には拘束力が比較的作用しないこととなり、起点方鈍角部を中心に、終点方鋭角部から反時計周りに回転したものと思われる（写真4.3.32）。

この落橋した桁を除くと、他の上部工には目立った被害は発生していなかった。

②下部工の被害

17基の下部工のうち背の低い下部工を除くほとん

どが被害を受けた。主な被害は以下のとおりで、南東方向から北西方向への大きな水平せん断力によるせん断破壊と圧壊および鉄筋の座屈が生じた（図4.3.1、写真4.3.33）。

- ・柱基部のせん断亀裂・座屈・鉄筋露出
- ・柱上部または中間部のせん断ひび割れ
- ・橋脚の傾斜

(3) 緊急対策

本高架橋では、鉄道の早期開通を優先し、地震発生の翌日より鉄道線路に落橋した桁を撤去した。ついで、二次災害防止の観点から、傾斜の大きい橋脚と上部工の撤去にかかった。さらに、比較的損傷の少ない橋脚についても、橋脚と上部工に順次、支保工を施工した（図4.3.2、写真4.3.34、35）。

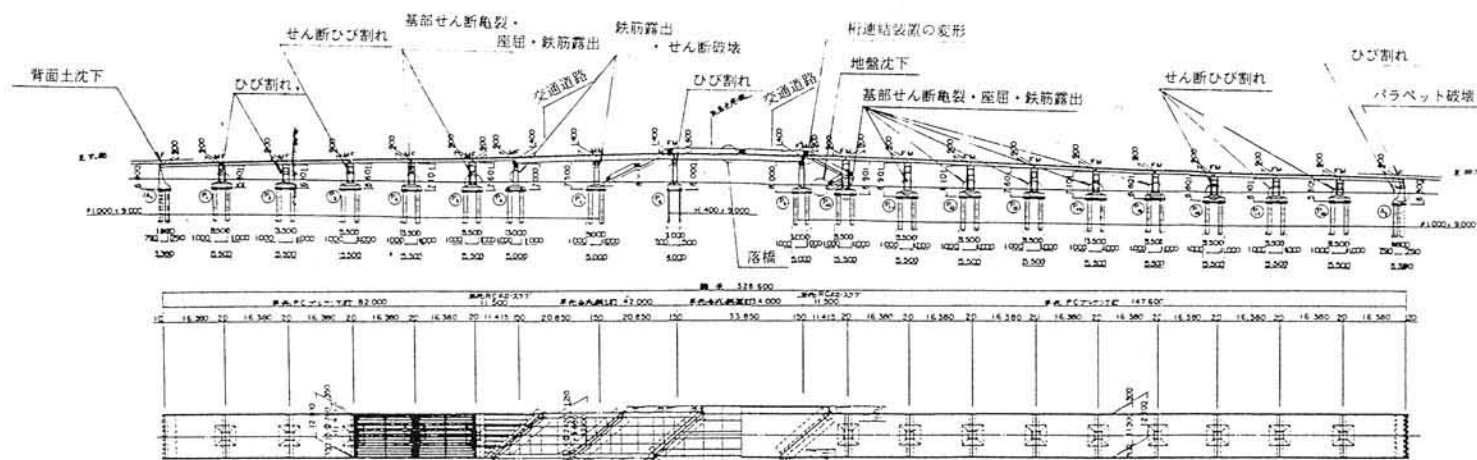


図4.3.1 高架橋の被災状況

* 第三設計部



写真4.3.32 落橋した跨線橋部



写真4.3.34 支保工の設置状況



写真4.3.33 橋脚基部の被災状況



写真4.3.35 撤去工事中の橋脚

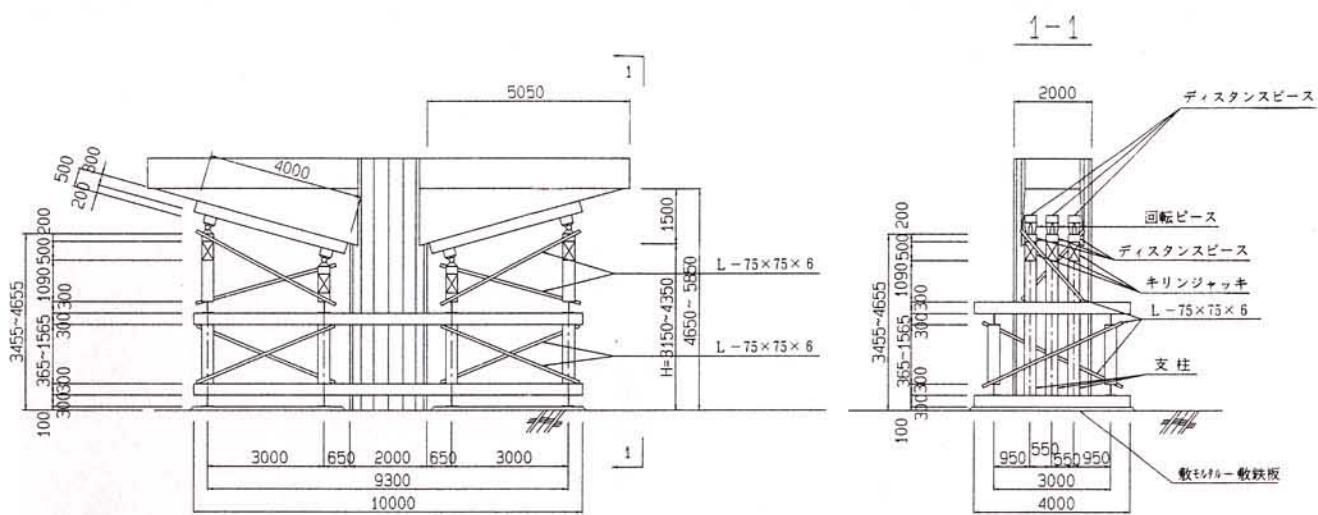


図4.3.2 支保工一般図

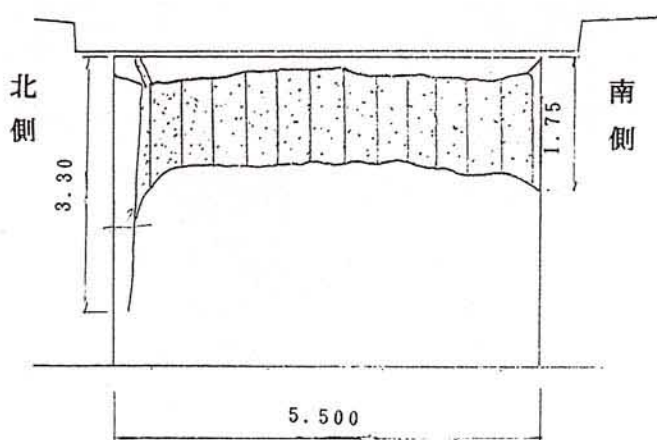
4.3.7 名神高速道路高架橋の緊急対策

鎌土 敏秋*

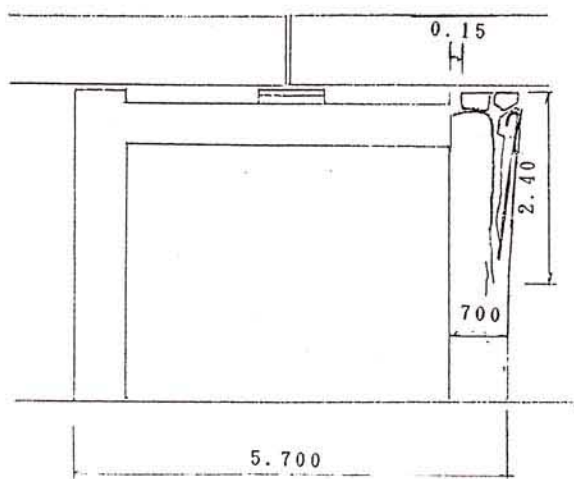
(1) 調査の概要

日本道路公団管理事務所の依頼により、高架橋の緊急対策工法を検討した。高速道路は、地域防災計画において災害時の緊急輸送路と位置づけられていることから、早期に緊急車両が通行できるような対策工法を検討した。

被害を受けた高架橋はRC 5径間連続中空床版橋で、固定側壁式橋脚の柱上部が損傷を受けた（図4.3.3）。



(1) 正面図



(2) 側面図

図4.3.3 橋脚の損傷概要

(2) 緊急対策

①第1段階

早期に緊急車両の通行を可能にすることが要請されたので、損傷を受けた橋脚の前後に支保工を設置して、上部工を支えた（図4.3.4）。

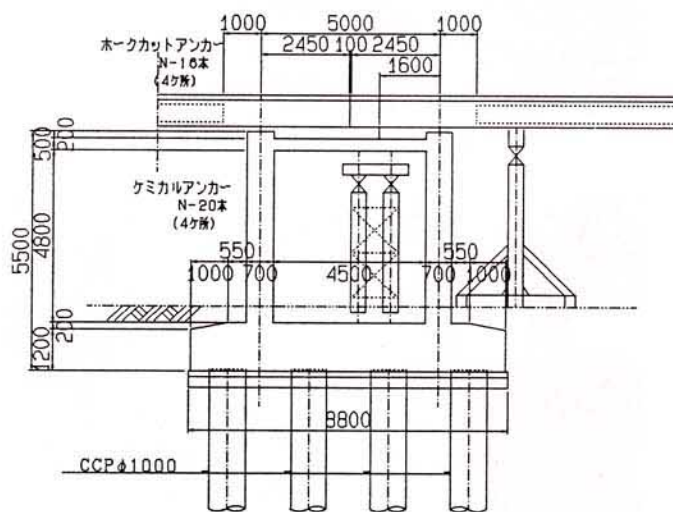


図4.3.4 緊急支保工の設置

②第2段階

支保工設置により車両の走行を可能にした後、震災前の状態に戻す応急復旧対策を行った。具体的には、破損部のコンクリートをはつり、せん断鉄筋（帯鉄筋）により柱上部を補強した（写真4.3.36）。



写真4.3.36 応急復旧状況

* RCCM 第三設計部

4.3.8 人工島へのアクセス長大橋の震災調査と緊急対策

柴田 洋*

(1) 調査の概要

兵庫県の依頼により、人工島へのアクセス長大橋の被災状況を調査し、緊急対策工法を検討した。この長大橋は、人工島への唯一のアクセス路であるため、早期の交通解放が要請された。また、災害復旧費の査定を受けるために、迅速な復旧図面と概算工事費の算定が必要であった。

なお、本橋は全長590m、主橋梁部は440mの5径間連続鋼床版箱桁からなっており、橋脚はRC張出式である。

(2) 被害の概要

本橋の被災状況を図4.3.5に示す。すなわち、上部工が中央部で西側に最大約85cm移動し、固定橋脚の支承が外れて桁が杓座から落ちた。また、可動橋脚2基にひび割れが大規模に発生した(写真4.3.37~39)。

(3) 緊急対策

可動橋脚の損傷の被害が甚大で、余震による橋脚の崩壊と上部工の落橋が懸念されたことから、緊急対応として橋脚の前後に仮設ベントを設置した(写真4.3.40)。

つづいて、災害復旧費査定のための復旧図面作成と概算工事費の算定を行うとともに、本復旧に向けて以下の項目を詳細に調査した。

- ・上部工の変形・亀裂等
- ・下部工のひび割れ・コンクリートの品質
- ・基礎の状況(水中はダイバーが目視、陸上部は掘削)
- ・橋梁全体系の測量(写真4.3.41)
- ・土質調査

なお、人工島へのアクセス路確保が緊急の課題であったが、橋脚の被害が甚大であること、水上部に位置しているため本格的な支保工の設置が困難なことなどから、本橋の暫定使用は無理と判断し、仮設道路を計画している。



写真4.3.37 P3可動橋脚の損傷

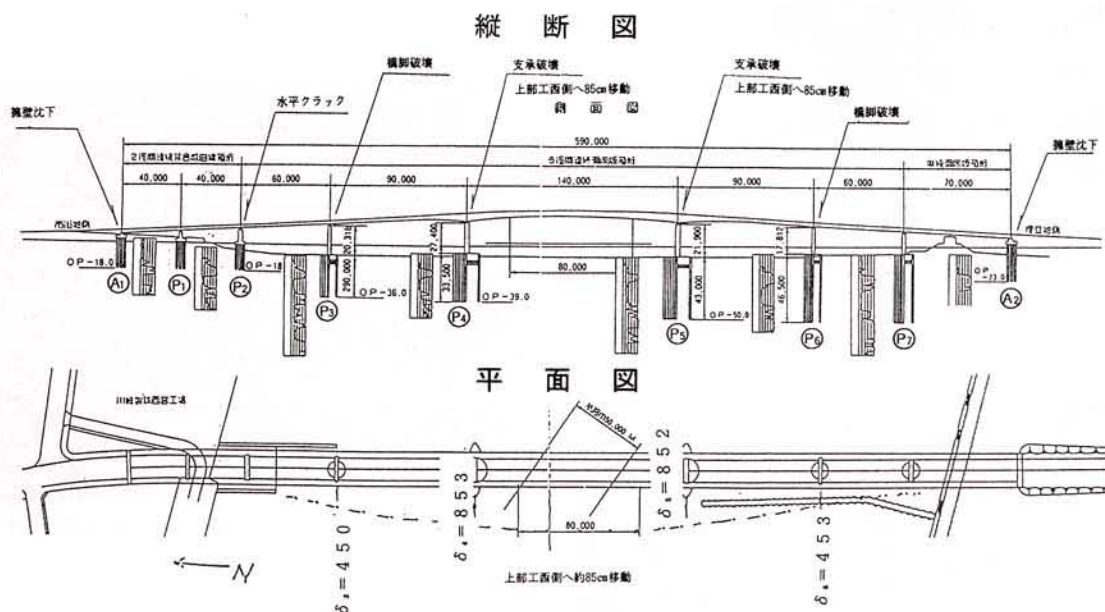


図4.3.5 アクセス長大橋の被害状況

*技術士 第三設計部

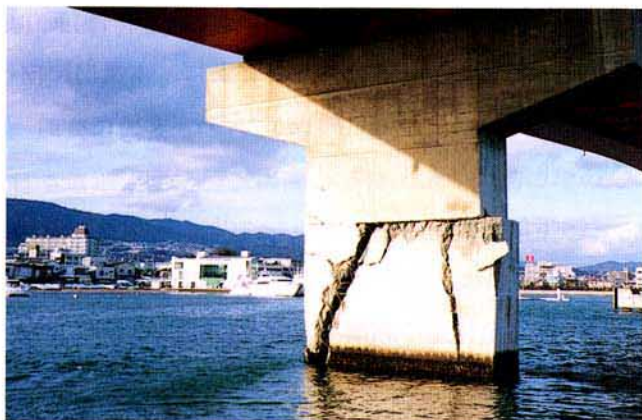


写真4.3.38 P 6 可動橋脚の損傷



写真4.3.39 P 5 固定橋脚の支承と桁



写真4.3.40 P 3 可動橋脚の仮設ペント



写真4.3.41 GPSによる橋梁全体系の測量

4.3.9 河川・道路併用橋の緊急対策

岸本 正幸*

(1) 調査の概要

兵庫県の依頼により、河川・道路併用橋の緊急対策工法を検討した。本橋は、JR東海道線上に位置する橋長37mの跨線橋である。中央部が幅員26mの河川で、幅7.5mの市道が両側に設けられている。

跨線橋であることから、余震での落橋や河川部からの漏水は鉄道の運行を阻害することになるので、早急な対策が要請された。なお、JR東海道線は地震直後には不通となっていたが、震災発生後3週間目からの営業再開が予定されていたため、それまでに緊急処置を終えるように要請された。

(2) 被害の概要

本橋の河川部・道路部の被災状況は、以下のとおりであった（図4.3.6, 7, 写真4.3.42～44）。

①河川部

河床の一部に亀裂が生じ、漏水が発生した。
ラーメン柱上下端にクラックが発生した。

②道路部

橋台部と柱上下端にクラックが発生した。
ラーメン横梁には全てにせん断破壊が発生した。



写真4.3.42 橋台前面からの漏水

*RCCM 第三設計部



写真4.3.43 ラーメン柱上端部クラック



写真4.3.44 ラーメン横梁部のせん断破壊

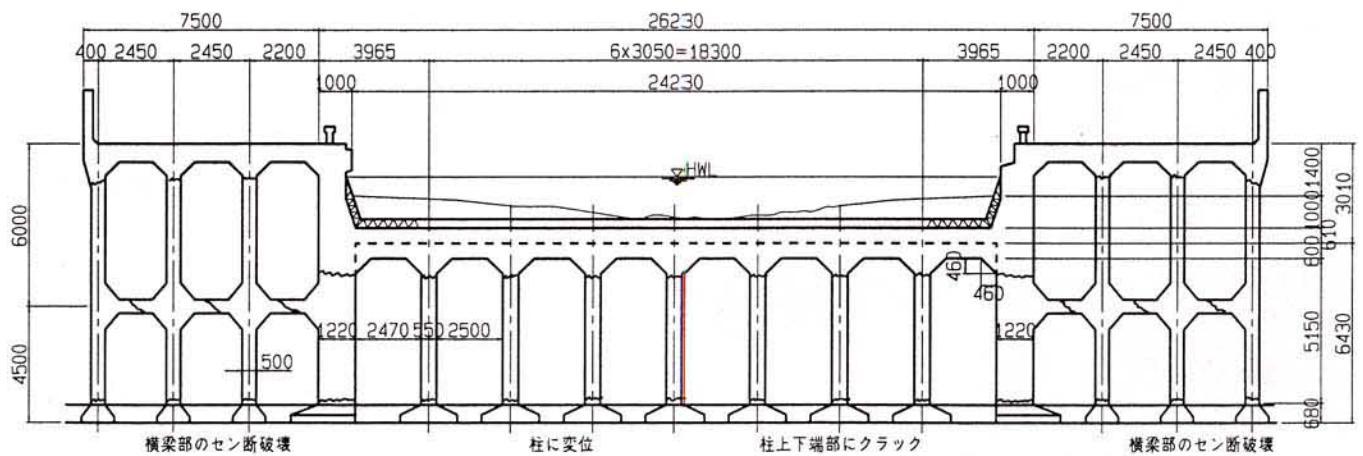


図4.3.6 損傷箇所の概要（断面）

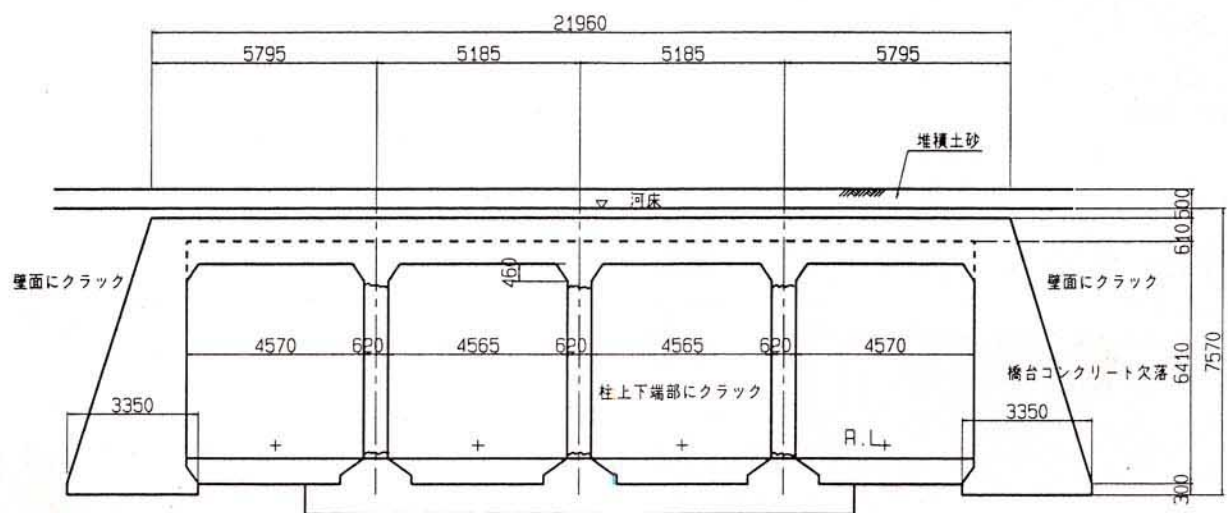


図4.3.7 損傷箇所の概要（側面）

(3) 緊急対策

①河川部

漏水対策としては、河川上流部に堰を設置して、橋梁部への河川水の流入を止めた。堰に溜まった水はポンプアップにより、バイパス水路に流した（写真4.3.45）。

また、ラーメン柱上下端のクラックには、鋼板接着またはRC増厚の対策を行った。

②道路部

道路部は、横梁部が全てせん断破壊するなど被害が甚大であること、線路上空で用地が狭小のため支保工の設置が困難であることなどから、全面的に撤去された（写真4.3.46）。



写真4.3.45 上流部に設けた堰



写真4.3.46 撤去された道路部

4.3.10 H橋梁の緊急対策

芦岡 三雄*

(1) 調査の概要

西宮市の依頼により、被災したH橋梁の緊急対策を検討した。

本橋は、西宮市内の都市河川に架かる2連の橋梁で、その形式・諸元は、RC単純T桁（6.7m）、RCアーチ橋（12m）、全長18.7m、幅員約11mである。昭和4年10月に架設された橋梁で、その後何回か補修・補強され、上床版にH鋼が埋め込まれ、下部工も途中で形状が変化しているが、補強などの詳細な経緯は明らかでない。

本橋は都市計画道路の一部になるため、復旧に合わせて幅員22.8mに拡幅し、復旧設計の基本方針と整合する緊急対策を立案した。

(2) 被害の概要

被害は主にRCアーチ橋に集中しており、アーチの各部にクラックが入っていた。このクラックは震災後も、徐々に進行し拡大した。

(3) 緊急対策

この形式の橋梁の主構に当たるアーチ部にクラックが発生し、それが拡大・進行しているため、落橋の恐れが生じた。そこで、通行止めの措置を取ると同時に撤去作業に着手した。

新橋完成までは、仮設橋梁で対応することとした（写真4.3.47）。



写真4.3.47 撤去工事

* RCCM 第三設計部

4.3.11 M橋梁の震災調査と緊急対策

坂本 眞徳*

(1) 調査の概要

神戸市の依頼により、M橋梁の被害状況を調査し、緊急対策を検討した。

本橋は、神戸市東灘区に位置し、幅員約32mの運河を跨ぐPC単純T桁の橋梁である。東西2連の独立した橋梁で、東側の旧橋は昭和37年に建設され、西側の新橋は平成3年に拡幅新設されたものである。

本橋の周辺では、取付け護岸が側方流動で運河側に大きく水平変位し、橋台背面地盤も約50cm沈下するなど、地盤災害が大規模に発生したことから、本橋の被災状況、とくに下部工ならびに基礎の被災状況を詳細に調査・検討し、緊急対策ならびに復旧設計を検討することとなった（写真4.3.48～49）。

(2) 被害の概要

本橋の被災状況は、以下のとおりである（写真4.3.50～4.3.53）。

① 橋台の被災状況

(a) 新旧橋台ともに、桁がパラペットに衝突した。

旧橋台の打継目部で、約15cmのズレが生じた。

全水平移動量は、新旧橋とも約20cmであった。

(b) 旧橋台は約10cm沈下し、縦目地部に段差が生じた。

② 上部工の被災状況

(a) 新旧橋ともに、桁端部下面付近にクラックが発生し、中でも旧橋の損傷が著しかった。

(b) 新橋では、移動制限装置が端横桁に衝突し、桁のコンクリートが剥離した。

(c) 新橋のゴム沓および旧橋のロッカー沓に約10cmのズレが生じた。



写真4.3.48 取付け護岸の変位



写真4.3.49 周辺地盤の沈下



写真4.3.50 旧橋台の打継目部のズレ



写真4.3.51 旧橋台の沈下による縦目地部の段差

* 第三設計部



写真4.3.52 新橋端横桁のコンクリート剝離とゴム沓のズレ



写真4.3.54 橋台背面の仮舗装



写真4.3.53 旧橋桁端部の損傷とロッカー沓のズレ



写真4.3.55 橋台に設置した傾斜計

③基礎の被災状況

現地の詳細な測量結果を基に基礎の変位と応力状態を計算した結果、新旧橋台ともに基礎工に大きな損傷が発生しているものと推定した。

(3) 緊急対策

本橋の通行を許容するために、以下の緊急対策を行った（写真4.3.54, 55）。

①背面道路との段差部への仮舗装

取付け道路との間に生じた段差部に仮舗装を行った。

②橋台への傾斜計の設置

橋台に傾斜計を設置し、変位の進行状況を追跡調査しながら、本橋の交通開放を行った。これまでのところ、通行車両や余震などによる新たな変位の発生はなく、交通開放を継続している。

4.3.12 可動橋の被災点検と緊急対策

木村 孝士*

(1) 調査の概要

兵庫県・尼崎市の依頼で、尼崎市臨海部埋立地の運河に架かる可動橋2橋の被害状況を点検し、緊急対策を検討した。

可動橋は2橋とも、橋長約46.7mの3径間単純桁橋で、中央支間が可動式となっている。

(2) 被害の概要

両橋ともに可動橋の開閉も車両の通行も不能であったが、主な被害は次のとおりであった（写真4.3.56～61）。

- ①両端の橋台が運河側にせり出し、側径間の桁とパラペットが衝突して、パラペットのコンクリートが剝離し、鉄筋が露出した。
- ②パラペットに押された側径間の桁が中央径間の桁に衝突し、中央径間（可動桁）の移動が困難となった。
- ③パラペットと桁、あるいは桁と桁の間に設けられた伸縮装置が跳ね上がり、車両の通行が不能となった。
- ④査は、可動側・固定側ともにアンカーボルトが破断し、サイドブロックも破断した。
- ⑤橋台背面の路面が陥没して、橋面と間に段差ができ、車両の通行が不能となった。

(3) 緊急対策

可動橋の機能を回復するため、つぎの緊急対策を行い、車両と船舶の通行を可能とした。

- ①伸縮装置のガス切断
- ②陥没した橋台背面への土砂投入とアスファルト舗装による段差解消
- ③側径間桁への落橋防止装置の設置（写真4.3.62）
- ④可動桁と側径間桁の遊間調整

*RCCM 第三設計部



写真4.3.56 桁衝突によるパラペットのコンクリート剝離・鉄筋露出



写真4.3.57
桁衝突による
パラペット・ウィ
ングの鉄筋ぬけ
出し



写真4.3.58 跳ね上がった伸縮装置



写真4.3.59 側径間と中央径間の衝突

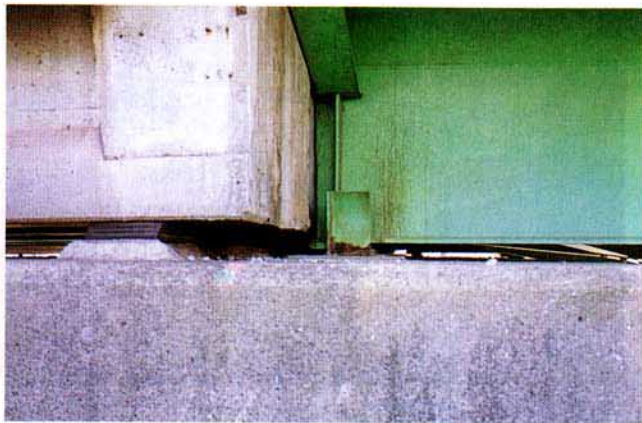


写真4.3.60 変形した沓



写真4.3.61
支承のアンカー
ボルトの抜け出
し



写真4.3.62 緊急に設置された落橋防止装置

4.3.13 盛土道路の震災調査と緊急対策

萩森 重吉*

(1) 調査の概要

大阪市の依頼により、淀川右岸沿いの盛土道路の被災状況を調査し、復旧工法を検討した。

本区間は、延長約50m、幅員約5.5mで、石積擁壁または重力式擁壁による盛土道路である。

なお、緊急措置として、全面通行止めされており、早期の復旧が望まれた。

(2) 被害の概要

本区間の被害状況は以下のとおりであった（写真4.3.63～66）。

①対象区間全域にわたって、北側へ移動した。移動量は最大で52cmであった。



写真4.3.63 石積擁壁部の破損



写真4.3.64 同上

*技術士 第一設計部

- ②舗装面に数カ所クラックが発生した。
- ③北側重力式擁壁の上部が破壊した。
- ④石積擁壁部では、間詰めが破損し、石が突出した。
- ⑤南側重力式擁壁と路体の間に隙間が生じた。

(3) 復旧工法

本区間の復旧工法は以下のとおりとした。

- ①現在の道路は完全に撤去する。
- ②道路幅員は現況どおりとする。
- ③擁壁形式は、高さ0.4m以上2m未満は重力式擁壁、高さ0.2m未満はU型擁壁とする。
- ④擁壁の基礎地盤の支持力不足を解消するために、改良土により置換する。



写真4.3.65
重力式擁壁と路
体と隙間



写真4.3.66 重力式擁壁の破損



写真4.3.67 同上（測定）

5. 港湾・河川・海岸の被害と緊急対応

5.1 概 要

加尾 章*

本章では、港湾・河川・海岸における構造物を対象として、被害状況と復旧における緊急対応についてまとめている。被害状況については、わが社が災害復旧業務で対応した下図の地域の情報をもとにできる限りパターン化したものとして示している。

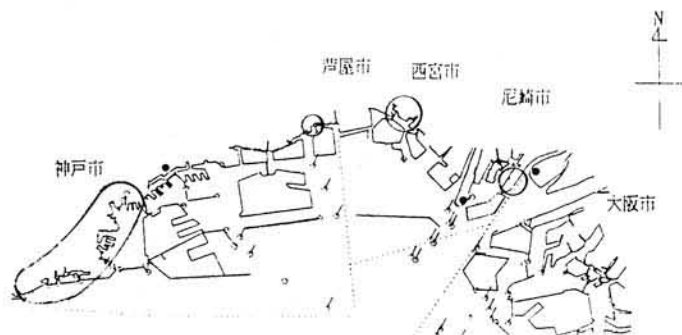


図5.1.1 対象地域

構造物の復旧・復興については、下記の3段階があり、今回示しているものはおおむね第1・第2段階のものである。

- ・第1段階：間に合せの対応（メイクシフト）
- ・第2段階：現状の機能回復（リストラレーション）
- ・第3段階：構造変換，再生（リストラクチャー）

第3段階のものについては、構造物単独の問題としてよりも、全体の機能配置論からのアプローチが必要である。

また、今回整理しているものは、復旧が急がれるものを対象としているため、現状機能の回復までが主たるものであったことに留意して頂きたい。

5.2 港湾施設

5.2.1 対象施設

港湾は表5.2.1に示すような施設で構成されている。神戸港、尼崎西宮芦屋港においては、これらの施設はいずれも何らかの被害を受けている。

被害の大きいものは、主に外かく施設、けい留施設、臨港交通施設、移動式施設である。本節ではわが社で主に担当した外かく施設、けい留施設の被害状況と緊急対応について示す（なお、交通施設については別途3.4章を参照）。

表5.2.1 港湾法による港湾施設の分類

1 水域施設	航路、泊地および船だまり
2 外かく施設	防波堤、防砂堤、防潮堤、導流堤、水門、こう門、護岸、堤防、突堤および胸壁
3 けい留施設	岸壁、けい船浮標、けい船くい、さん橋、浮さん橋、物揚場および船揚場
4 臨港交通施設	道路、駐車場、橋りょう、鉄道、軌道、運河およびヘリポート
5 航行補助施設	航路標識ならび船舶の入出港のための信号施設、照明施設および港務通信施設
6 荷さばき施設	固定式荷役機械、軌道走行式荷役機械、荷さばき地および上屋
7 旅客施設	旅客乗降用固定施設、手荷物取扱所、待合所および宿泊所
8 保管施設	倉庫、野積場、貯木場、貯炭場、危険物置場および貯油施設
8の2 船舶役務用施設	船舶のための給水施設、給油施設および給炭施設（第13号に掲げる施設を除く）、船舶修理工施設ならびに船舶保管施設
9 港湾公害防止施設	汚濁水の浄化のための導水施設、公害防止用緩衝地帯、その他の港湾における公害の防止のための施設
9の2 廃棄物処理施設	廃棄物埋立護岸、廃棄物受入施設、廃棄物焼却施設、廃棄物破碎施設、廃油処理施設その他の廃棄物の処理のための施設（第13号に掲げる施設を除く。）
9の3 港湾環境整備施設	海浜、緑地、広場、植栽、休憩所、その他の港湾の環境の整備のための施設
10 港湾厚生施設	船舶乗組員および港湾労働者の休泊所、診療所その他の福利厚生施設
10の2 港湾管理施設	港湾管理事務所、港湾管理用資材倉庫、その他の港湾の管理のための施設（第14号に掲げる施設を除く）
11 港湾施設用地	前各号の施設の敷地
12 移動式施設	移動式荷役機械および移動式旅客乗降用施設
13 港湾役務提供用移動施設	船舶の離着岸を補助するための船舶、船舶のための給水、給油および給炭の用に供する船舶および車両ならびに廃棄物の処理の用に供する船舶および車両
14 港湾管理用移動施設	清掃船、通船その他の港湾の管理のための移動施設

*技術士 第四設計部

5.2.2 被害状況

けい留施設、外かく施設については、今回の地震の特徴（直下型で水平動を上回る上下動があった）により、次のような被害状況が見られる。

(1) けい留施設の被害

① ケーソン式（重力式）

ケーソン、方塊ブロックの沈下、目違い、海側への傾斜とせり出しがあり、これに伴うエプロンの陥没、水没、吸出しが見られる。特にケーソン背後の土質条件の良くないものはこの傾向が強い（写真5.2.1～4）。

② 鋼管栈橋

新聞等では、鋼管構造は被害を受けていないように報道されているが、これは地上の観察結果であって、水中より観察すると鋼管杭頭部で“ちょうちん座屈”しているものがあり、杭頭部を連結するコンクリート梁にクラックが多い。

③ 控え式矢板

タイロッドの切れたものが多数ある。また、地上から変状の見られないタイロッドの中にも、掘削調査すると緩んでいるものが多く見られた。

④ 方塊ブロック

同じ様な方塊ブロックでも、設置されている方向によって沈下しただけのものと、崩壊して水没したものがある。

⑤ ヨットハーバーの栈橋

ポンツーンとけい留する栈橋の渡橋部において、段差をつけるために折り曲げていた部分が折れて水没している。けい留杭の中には10°程度傾斜しているものがある。



写真5.2.1 エプロンの水没



写真5.2.2 ケーソンの沈下、滑動に伴う背後エプロン陥没



写真5.2.3 同上

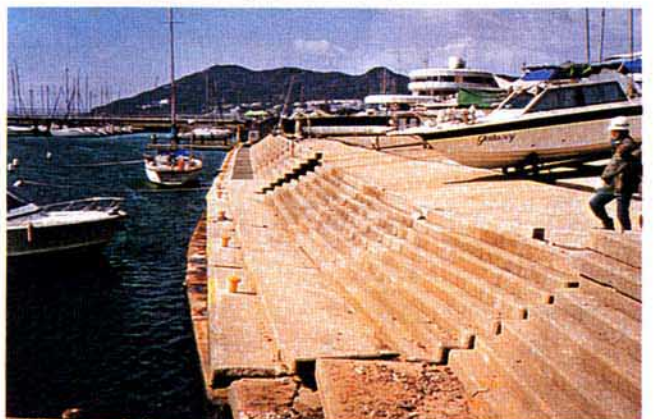


写真5.2.4 ケーソンの沈下、滑動に伴う法線の弯曲

(2) 外かく施設の被害

① 護岸

基礎部の沈下・崩れとこれに伴う本体の沈下，陥没，傾斜が多い（写真5.2.5）。

② 防波堤

基礎部の沈下によるケーソンの沈下とパラペットの目違いが多い（写真5.2.6～8）。

(3) その他

埋立地角部での被害が大きい。構造物の移動により応力集中が角部で発生したものと考えられる（写真5.2.9～11）。



一方，今回の地震で被害が小さかったものとして，自然石による石積，砂浜があげられる。今後の教訓としての検討課題といえる（写真5.2.12, 13）。



写真5.2.5 ケーソン及び背後エプロンの水没



写真5.2.6 ケーソンの沈下，滑動に伴うズレ



写真5.2.7
ケーソンの沈下，滑動に伴う
法線の弯曲及び水没



写真5.2.8
ケーソンの沈下
によるパラペ
ットの目違い



写真5. 2. 9 埋立地角部での破損



写真5. 2. 12 被害の小さい石積部



写真5. 2. 10 埋立地前面の被害



写真5. 2. 13 傾斜護岸の目違いと被害の小さい石積護岸



写真5. 2. 11 埋立地角部の沈下

5. 2. 3 緊急対応

前節で示した被災施設の緊急対応については、早期の機能回復と安全性の向上を優先することを条件に表5. 2. 3に示す対応を行う予定である。

表5.2.3 被災施設の緊急対策の例

施 設	被 災 状 況	緊 急 対 策
①けい留施設 岸 壁 (ケーソン) <図5.2.1>	・ケーソン前面への傾斜と沈下により岸壁水没. ・水没による背後倉庫への波の影響. ・背後土砂の吸出しによる陥没.	・応急 前面捨石によるケーソン転倒防止とケーソン天端への捨石による波浪侵入防止. ・復旧 地盤改良を行い, ケーソンを設置.
②けい留施設 岸 壁 (ケーソン) <図5.2.2>	・既設ケーソンの沈下と前傾.	・既設ケーソン上部が倉庫に利用されており, ケーソン撤去や背面に控えをとることができないため前面に鋼管矢板を打設し, 水平力を斜杭にとらせる構造とする.
③けい留施設 岸 壁 (スリット式ケーソン) <図5.2.3>	・ケーソンの沈下と前傾.	・ケーソンの据え直し. ・耐震性を高めるため, 据え直し時に底面にアスファルトマットを布設し, さらに消波機能が生かせるところまで中詰コンクリートを打設し, 滑動の安定を図る.
④けい留施設 岸 壁 (鋼管栈橋) <図5.2.4>	・斜面を有する鋼管栈橋の鋼管頭部がちょうちん座屈し, 上部コンクリート梁にクラック多大.	・前面に鋼矢板, 背後に鋼杭を打設し, これをタイロッドで結ぶ. ・反射率は上がるが施工期間が短いこと, 上部コンクリート梁, スラブの廃材を下に落とすことによって再利用できる.
⑤けい留施設 物揚場 (ケーソン) <図5.2.5>	・ケーソンの沈下と上部の石積みの崩壊.	・崩壊した石積部分を撤去し, 重力式コンクリートにより高さとな線を修正する.
⑥けい留施設 岸 壁 (控え式鋼管矢板) <図5.2.6>	・沈下及びタイロッドのゆるみ.	・前面に鋼矢板, 背面に鋼管杭を打設し, タイロッドを設置する.
⑦けい留施設 物揚場 (方塊ブロック) <図5.2.7>	・方塊ブロック上部石積みの崩壊.	・崩壊した石積部分を撤去し, 重力式コンクリートにより高さとな線を修正する.
⑧けい留施設 物揚場 (方塊ブロック) <図5.2.8>	・方塊ブロック及び上部石積みの崩壊と水没.	・背後に稼働中の倉庫があり, 崩壊していないエプロンを利用して営業を行っている. 方塊を当初位置に据え直しするには自立式の土留矢板を要し工費が大きくなること, また控え式矢板工法も背後への影響が大きいため, 現状の崩壊形状をあまり動かさない位置に方塊ブロックを造り直す.
⑨けい留施設 物揚場 (方塊ブロック) <図5.2.9>	・沈下及び上部の石積み変状.	・上部の石積みを撤去し, 重力式コンクリートで高さ及び法線を修正.
⑩けい留施設 (船揚斜路) <図5.2.10>	・沈下による不陸とクラック及び曳上げレール, 付属施設(ウインチ小屋, 油タンク, 操作台)の損傷.	・損傷を受けていないブロックを流用した全面的に修復. 曳上げレール, 付属施設についても損傷を受けていないものは流用し, 修復.
⑪外かく施設 防波堤 (ケーソン式) <図5.2.11>	・沈下. ・法線くい違い.	・かさ上げした際の耐波性の検討. ・パラペットのかさ上げ ・前面消波工の追加.
⑫外かく施設 (石積護岸) <図5.2.12>	・沈下. ・護岸基部と被覆石とのあき.	・笠石の積みなおし ・傾斜のきつくなったものは積みなおし. ・波による基礎捨石吸出し防止のため, 基礎捨石の補充と被覆石天端部の修復.

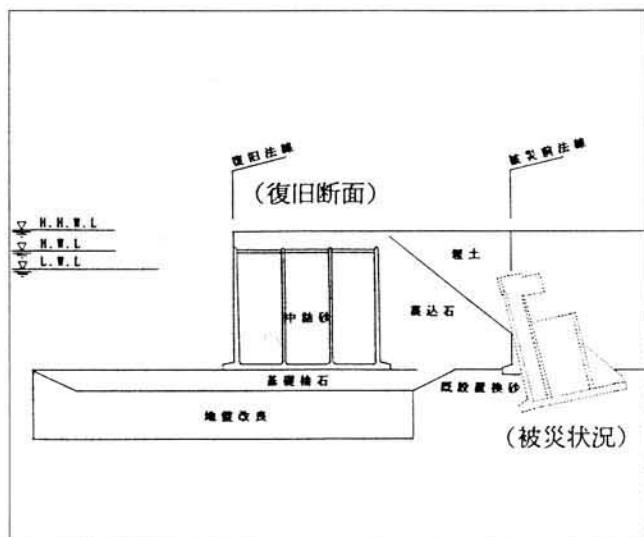


図5.2.1 けい留施設岸壁（ケーソン）

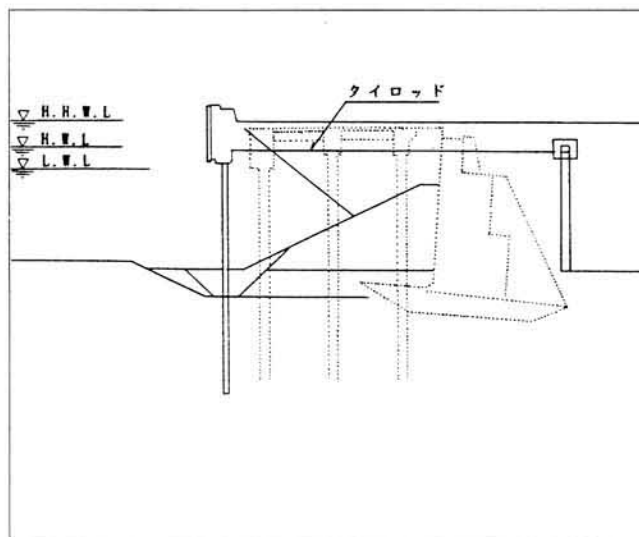


図5.2.4 けい留施設岸壁（鋼管棧橋）

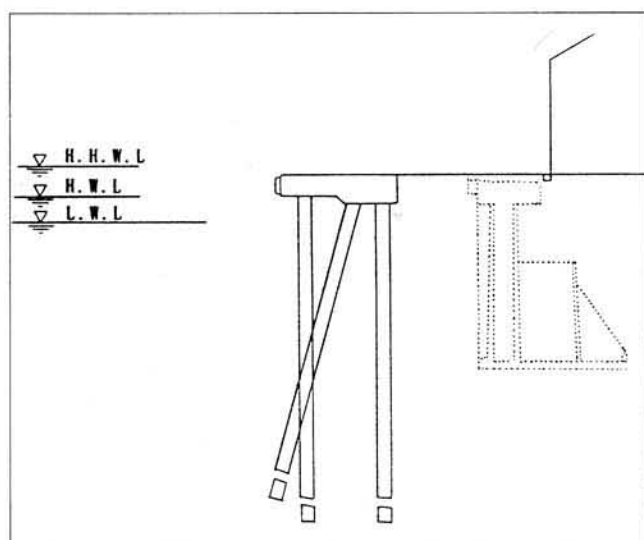


図5.2.2 けい留施設岸壁（ケーソン）

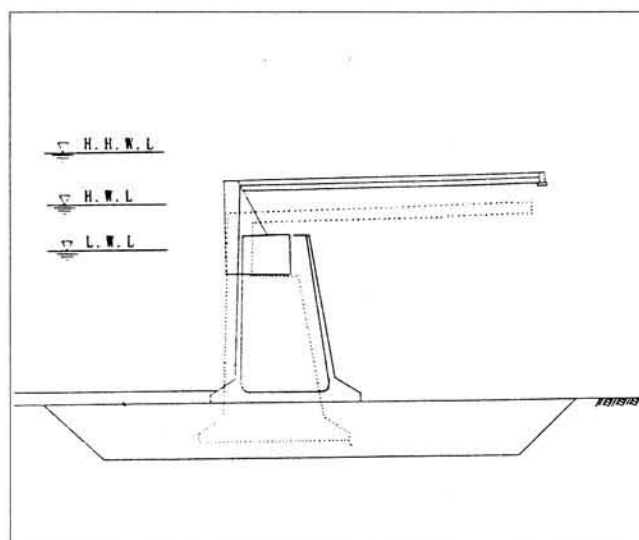


図5.2.5 けい留施設物揚場（ケーソン）

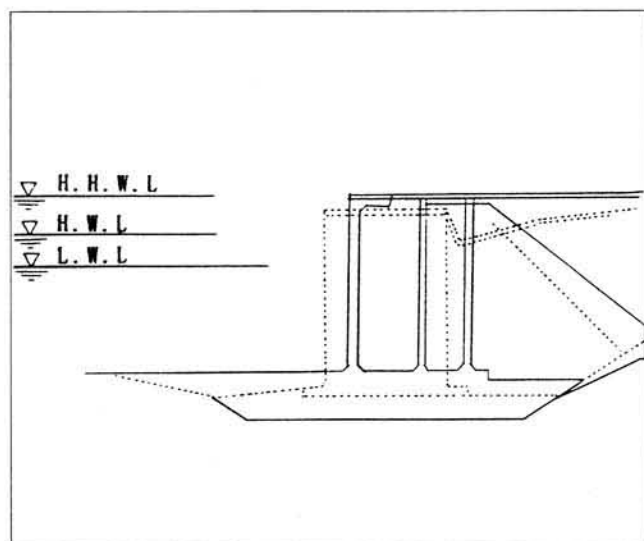


図5.2.3 けい留施設岸壁（スリット式ケーソン）

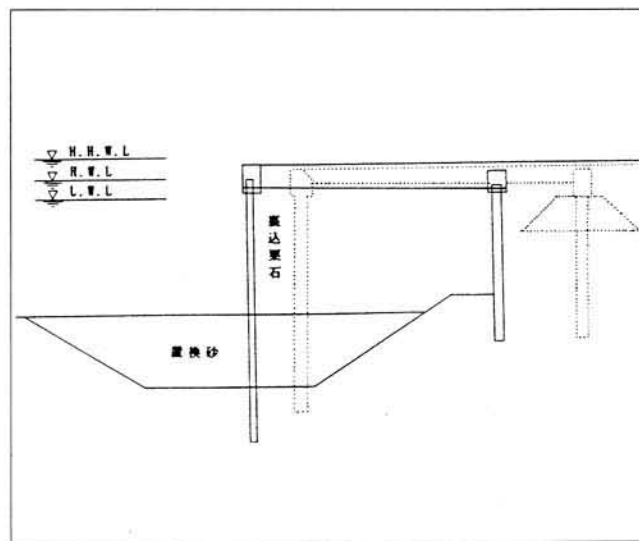


図5.2.6 けい留施設岸壁（控え式鋼管矢板）

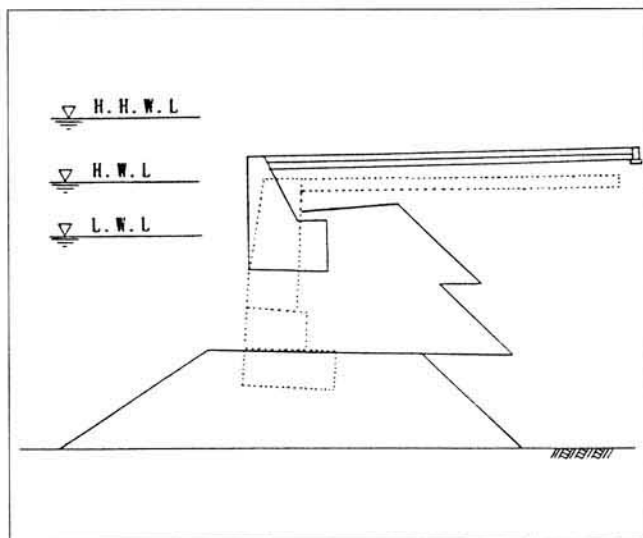


図5.2.7 けい留施設物揚場（方塊ブロック）

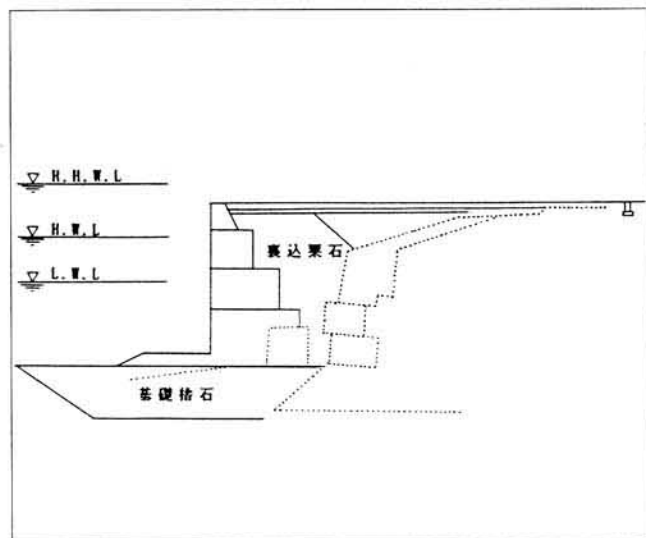


図5.2.8 けい留施設物揚場（方塊ブロック）

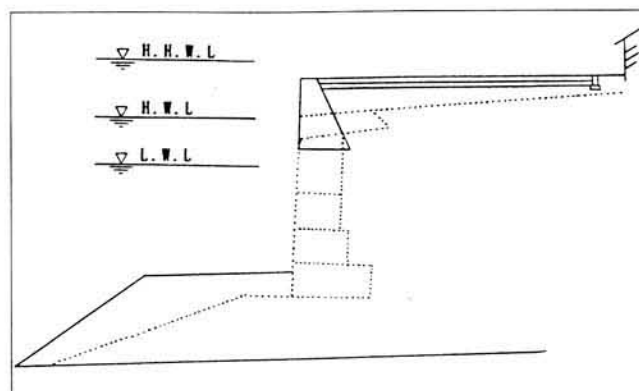


図5.2.9 けい留施設物揚場（方塊ブロック）

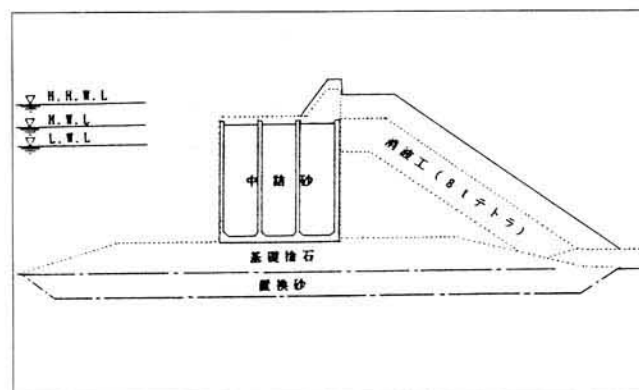


図5.2.11 外かく施設防波堤（ケーソン）

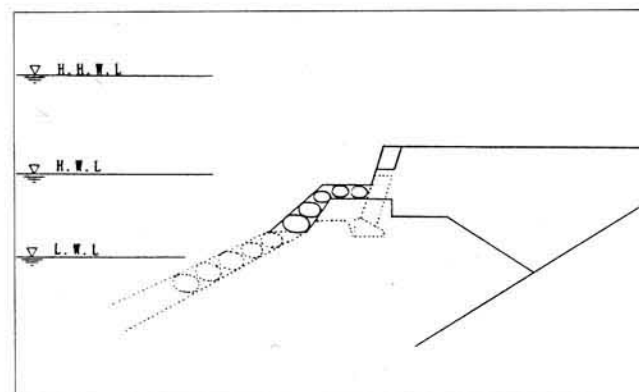


図5.2.12 外かく施設石積護岸

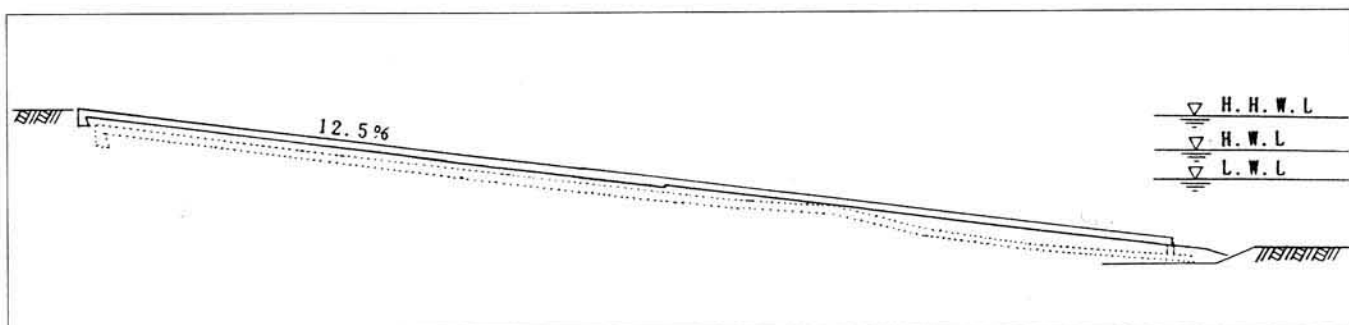


図5.2.10 けい留施設船揚斜路

5.2.4 教訓として

構造物の被害については種々の資料で既に取り上げられている。ここではこれらの被害をもとに、どのような教訓を得たかについて列記する（耐震性の強化を除く）。

(1) リスクの分散化

災害は必ず生じるとの考えのもとに、構造物の被害が生じて、港湾としての機能を最小限確保するための方策（フェイル・セーフの点から）をあげると、以下のようなリスクの分散化が考えられる。

① 構造の多様化

今回の地震ではケーソンなどの同じ型式の構造物に被害が集中した。このため、同じ機能を有する施設については、同じ型式に片寄らないように地震応答の異なる構造を組合せた配置が必要であろう。この中で、復旧の容易な構造の採用も重要と考える。

② 代替施設の可能な構造

構造の多様化の一環ともいえるが、被害を受けた施設の早期代替が可能な施設を、導入しておくことも考えられる。けい留施設、橋梁における浮体式構造体などはその例といえる。

③ 防御の多重性

今回の地震で海岸保全施設の被害も大きかった。台風期と重ならなかったため大事に至らなかったが、人命・財産を守る施設については、スーパー堤防のような面的な防御方式の採用など、多重性のある防御も必要であろう。

(2) 自然形状の活用

多数の人が利用する親水護岸の被害は、時と場合により多くの人命にかかわる。一方、護岸の崩壊の度合に比べて、自然石の石積み部、砂浜での崩壊は小さかった。これは空隙が地震の衝撃を吸収しているためと考えられる。このような自然形状と材料を親水場に適用できるように考えていく必要がある。

(3) システムとしての防災体制の重要性

港湾空間は元来多機能な空間である。これは、平常時における機能の多様性と個別施設のもつ多目的性によるものである。

災害時には、これらの機能と施設が災害防御と災害支援へと機能していく。このためには、平常時の計画に対して、災害時に対する防災システムが加味されて発揮されるものであろう。

この事項については別の機会に詳しく報告を行う予定である。

5.3 河川施設

村上 斉*

5.3.1 被害状況の抽出

今回の地震においては甚大な地盤沈下による淀川河口部左岸での法面崩壊が顕著な被害として挙げられるところであるが、本節ではわが社で対応した阪神間都市河川護岸の被害について具体例に基づいて紹介する。

今回の地震における護岸構造物の被害状況は、次のようなものが顕著であった。

(1) ブロック積護岸の被害

地震動と地盤沈下によるブロック積擁壁の崩壊、不同沈下による亀裂が多数見られた（写真5.3.1～3）。

(2) 鋼管矢板護岸

ブロック積同様、地震動、地盤の沈下により、笠桁コンクリートのクラックや、設計許容値を上回る鋼管の水平方向の変形が認められる。ただし、口径が大きいため、座屈には至っていない（写真5.3.4～5）。



写真5.3.1 ブロック積護岸の崩壊



写真5.3.2 地盤の沈下状況とブロック積のすべり崩壊



写真5.3.3 不同沈下による亀裂



写真5.3.4 笠桁コンクリートのクラック



写真5.3.5 鋼管背面の沈下と鋼管の傾斜

*技術士 第四設計部

5.3.2 緊急対策

前節で示した被災構造物の緊急対策については、早期の機能回復と安全性の向上を優先することを条件に表5.3.2に示す対策を行う予定である。

表5.3.2 被災施設の緊急対策の例

構造物	被災状況	緊急対策
ブロック積	・崩壊、亀裂	・地震力を考慮した矢板とブロック積（積直し）の複合構造とする。 ・感潮区間であることから、矢板の天端はコンクリート打設時に潮待ちの必要がないように設定、早期復元を図る（図5.3.1）。
鋼管	・鋼管の水平変状 ・笠桁コンクリートのクラック	・塑性変形をきたしていると推測される鋼管部背面に、鋼矢板を打設し、土圧を負担する。鋼管背面は碎石に置換し土圧を軽減する（図5.3.2）。 ・笠桁コンクリートは打ち換える。

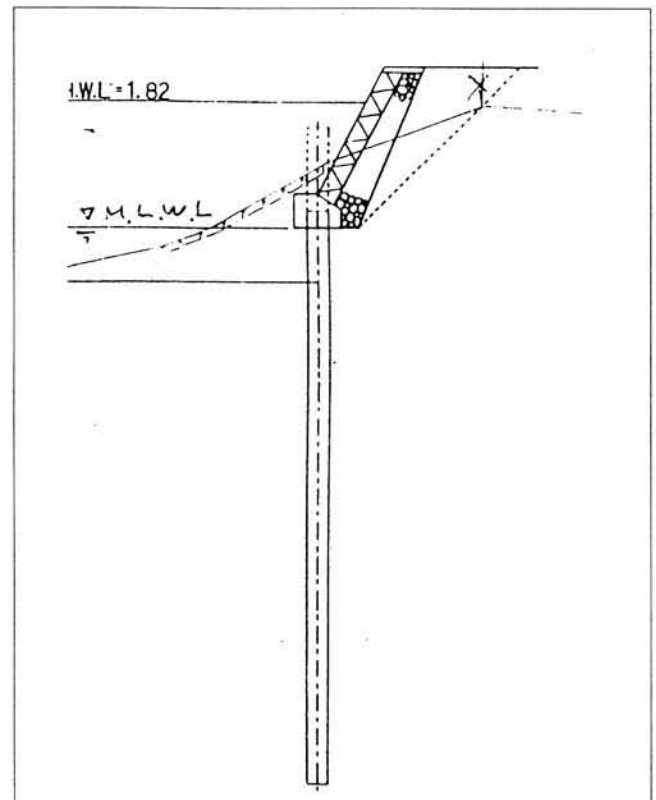


図5.3.1 ブロック積と復旧断面

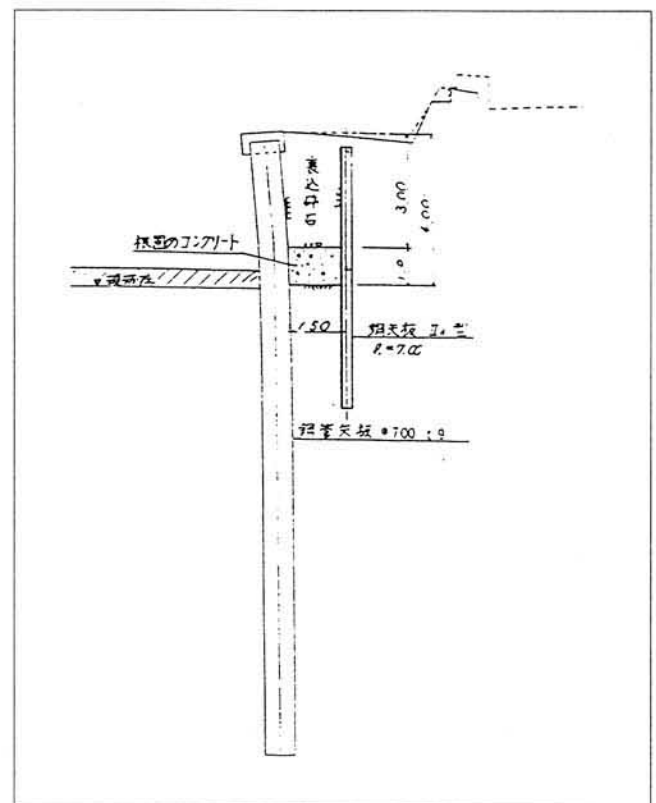


図5.3.2 鋼管部復旧断面

6. 下水道の被害と緊急対応

春日 光昭*, 上田 隆**

6.1 概要

神戸市の下水道事業は、昭和26年に着手されて以来、平成6年3月末で既に人口普及率97.4%を達成している。下水道施設の現状は、表6.1.1のとおりである。

表6.1.1 神戸市の下水道施設の現状¹⁾

平成5年度末

処 理 場	8か所	処理能力 737,415m ³ /日
汚 泥 焼 却 施 設	1か所	全市の汚泥を焼却
汚水中継ポンプ場	15か所	} 両用ポンプ場 3か所
雨水排除ポンプ場	12か所	
汚 水 管 渠	3,316km	
雨 水 管 渠	484km	

このうち、わが社では次の施設の被害状況調査を担当した。

- ・東灘処理区の污水幹線（延長約20km）
- ・東灘処理区の雨水幹線
- ・西部処理場
- ・中部処理場

本章では、わが社が災害復旧で対応した上記の施設のうち污水幹線の被害状況と緊急対応について報告する（図6.1.1）。

なお、下水道施設については、人孔等、調査対象が膨大な数になることから、未調査の部分も残している。したがって本報告は、被害全体を表したものでなく、緊急対応についても未定の部分が多い。

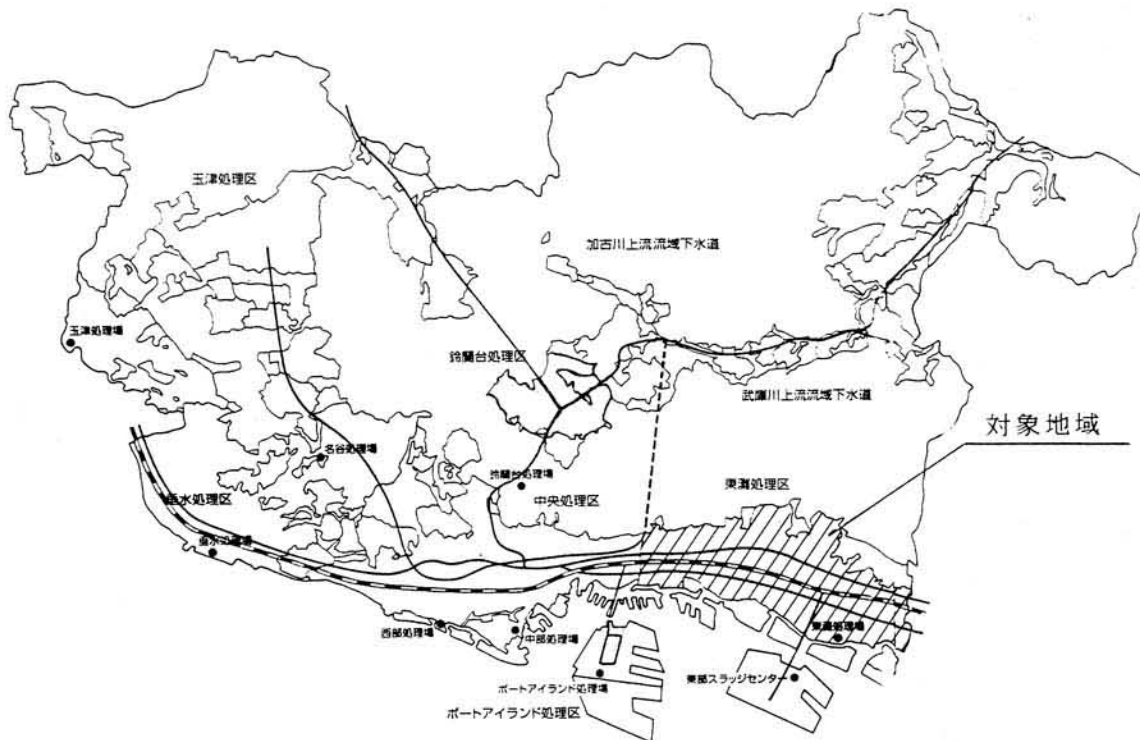


図6.1.1 下水道污水幹線の調査対象地域²⁾

*RCCM 第四設計部 **技術士補 第四設計部

6.2 被害状況

下水道管渠および人孔の被害状況を表6.2.1および写真6.2.1～6.2.8に示す。

被害の大きいのは、主として運河や河川の護岸横に位置する下水道である。特に東西の幹線は、古い埋立地部に埋設されたものもあり、ポンプ場や処理場の能力に影響を及ぼすような漏水も認められた。

(1) 管渠の被害

管渠の被害で多いのは、目地からの漏水である。これは、管渠の種類（ヒューム管やボックスカルバート）にかかわらず確認されている。にじみ出しから、ふき出しているものまで、漏水の程度は種々である（表6.2.1 ①、写真6.2.1, 2）。

最も被害の大きい箇所では、ヒューム管に縦断クラックを生じ、完全に變形していた。この管は運河護岸に近接しており、護岸の崩壊により過大な偏圧を受けたものと考えられる（表6.2.1 ②、写真6.2.3, 4）。

また運河下を通る伏越し管渠も完全に破断し、多量の漏水を起こしている（表6.2.1 ③、写真6.2.5）。

(2) 人孔の被害

人孔の被害は二種類に大別できる。ひとつは、人孔ブロックのズレあるいは破損である（表6.2.1 ④～⑥、写真6.2.6～8）。

もうひとつは、管渠と人孔との接続部の破損である。管渠に被害がなくても、接続部が破損している箇所もある（表6.2.1 ⑦、写真6.2.9）。

(3) 下水管橋の被害

下水管橋の中には上部工が落橋したものがあつた。下部工はほぼ健全な状態のまま残っている（表6.2.1 ⑧、写真6.2.10）。

表6.2.1 下水道管渠および人孔の被害状況

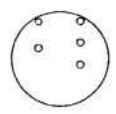
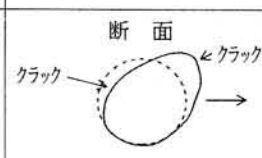
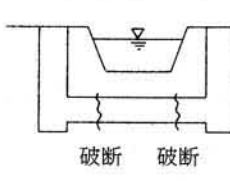
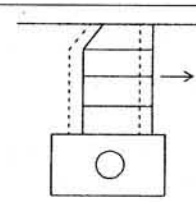
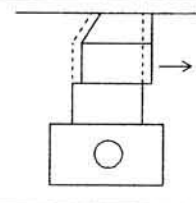
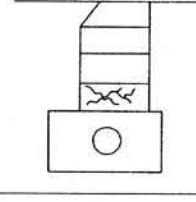
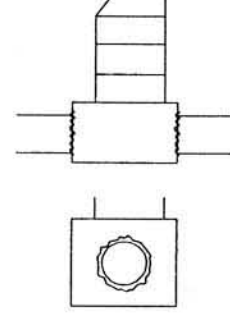
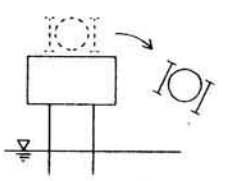
被害状況	略 図
① 管渠の目地からの漏水 写真6.2.1, 2	
② ヒューム管の縦断方向クラック 写真6.2.3, 4	
③ 伏越し管渠の破断（護岸崩壊） 写真6.2.5	
④ 人孔躯体とブロックのズレ 写真6.2.6	
⑤ 人孔ブロックのズレ 写真6.2.7	
⑥ 人孔ブロックの破損 写真6.2.8	
⑦ 管渠と人孔との接続部の破損 写真6.2.9	
⑧ 下水管橋の落橋 写真6.2.10	



写真6.2.1 管渠の目地からの漏水



写真6.2.5 伏越し管渠の破断



写真6.2.2 管渠の目地からの漏

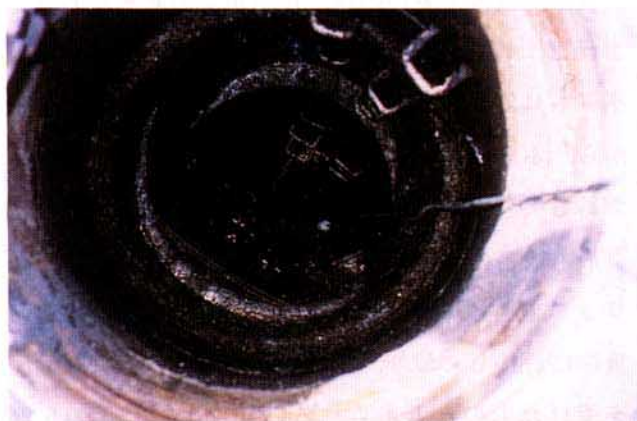


写真6.2.6 人孔躯体とブロックのズレ



写真6.2.3 ヒューム管の縦断方向クラック



写真6.2.7 人孔ブロックのズレ



写真6.2.4 ヒューム管の縦断方向クラック



写真6.2.8 ブロックの破損



写真6.2.9 管渠と人孔の接続部の破損



写真6.2.10
下水管橋の落橋

6.3 緊急対応

(1) 被災管渠の緊急対応

管渠の破損（表6.2.1 ②，③）に対しては，パイプ・イン・パイプ工法（図6.2.1）により対応している．この工法は，既設管渠の内部にひと回り小さな径の新設管を挿入し，新設管の周囲にエアモルタル等を充填するものである．新設管には粗度係数の小さなFRP管等を用いて，補修前と同等の流下能力を確保する．

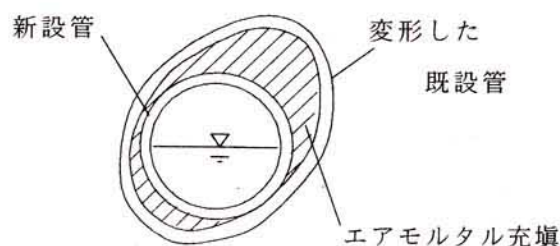


図6.2.1 パイプ・イン・パイプ工法

(2) 被災人孔の緊急対応

鉄蓋やブロックの破損により，道路交通に支障をきたすような被害のある人孔に対しては，鉄板を設置し緊急対応とした．

(3) 被災下水管橋の緊急対応

落橋した下水管橋の緊急対応として，鋼管を接続し近接する道路橋上に仮設した．

6.4 今後の課題

神戸市の下水道はすでに97.4％の人口普及率を達成している．今後の地震対策も含めた対応では，維持管理システムの強化が最重要課題と考える．

震災調査では，既に地震前から老朽化により破損していた部分も認められ，古い施設に被害が多いという報告もある．耐震性を考慮した適正な改良を行う必要がある．

また，復旧作業にあっては，汚水を遮断することは許されず，通水した状態での作業が必要である．水道等の復旧に伴い汚水流量が増加すると，復旧作業はさらに困難となり，工法も限られたものとなる．ある箇所が遮断されても，代替ルートが存在するような幹線ネットワークを再構築する必要がある．

参考文献

- 1) 神戸市下水道局：平成6年度事業概要，p.13より転載
- 2) 神戸市下水道局：神戸の下水道，p.4，H.6.4より引用，加筆

1. 震災発生後の世の中の動き

—— 応 急 対 応 か ら 復 旧 ——

本久 明*

1.1 はじめに

阪神・淡路大震災後にテレビの公共広告の流したコピー

「人を救うのは 人しかいない」

が、多くの人の共感呼んだ。今度の大地震で明るい話題があるとすれば、人命救助・被災者の生活支援に、地域住民やボランティアが活躍したことだ。

震災発生後から約2か月間、マスコミは紙面の多くを割いて、震災に絡まる出来事を様々な角度から報道した。鉄道・道路・港湾などの被害状況、人命救助、飲料水や食料の不足と救援、住宅の崩壊・ライフラインの途絶と避難所暮らし、仮設住宅の建設、交通の寸断・麻痺とその復旧、被災者の心のケア、復旧・復興に向けた街づくりなどなど、震災を契機とする世の中の動きが克明に報道された。

災害時には、事態は時々刻々と変化し、その時々に応じた対応が求められる。例えば、被災者の切実な要求は、震災直後と一定期間経過後には、自ずと違って来る。地域防災計画では一般に、応急対応段階・復旧段階・復興段階と言った時間区分のもとに、どの時期にどのような対応を行うかを計画する。実際には、各段階の継続期間や後先の関係は、被害の発生場所・規模や程度によって当然違って来る。例えば、被災構造物の取壊しは二次災害防止の観点などから迅速な処置の必要な応急対応だが、取壊しに要する時間は、まさに被害の大きさによって大きく異なる。応急対応として何をなすべきかはある程度イメージできても、それに要する時間を一律には決められない。

応急対応と復旧、あるいは復旧と復興の概念も現実の場面では、必ずしも明瞭には区分できない。当

事者にとっては、応急対応か復旧なのかなどの区分はたいして意味を持たない。その時々、何らかの目的意識を持って、ある優先度のもとに、出来ることなすべきことを遂行したのが、実態だ。

従って、この応急対応・復旧・復興の3段階の括りは念頭に置きながらも、あえて3段階に区分することなく、阪神・淡路大震災の現実の場面で被災地に何が起こり、何が問題になったか、それが世論の代表と言うべき新聞でどう受け止められたかを検証する。

なお、阪神・淡路大震災を契機に多くの自治体で防災計画の見直しが始まるなど、経済的・社会的影響は全国各地に及んだが、ここでは、被災地での出来事に重点を置く。また、土木構造物・交通に関連して何が起こったかについては、本文で述べているので、ここでは触れない。

今回の震災では、多くの建物が倒壊し、沢山の人が建物の下敷きとなった。震災直後には、生き埋めになった人の救出と、被害の拡大を抑制するための二次災害の防止が緊急課題となり、あわせて被災者の生活支援が行われた。そこでまず、

①人命救助

②二次災害防止

③被災者の生活支援

について整理する。

震災1週間後の23日には、代替バスがようやく動き始め、被災したサラリーマンも職場に復帰し始めた。一部の学校も再開し、「被災1週間 動き始めた街」と新聞は報じた。ともかくも生命と当座の生活が維持できるようになって、就業や通学などの社会活動への復帰の動きが出てきた時期だ。この段階の現れとして、

*技術士 企画室

④ ライフラインの復旧

⑤ 建物の解体とガレキ処分

⑥ 学校関係

を整理する。なお、この段階でも、避難所から通勤・通学する人は数多く、③被災者の生活支援は続く。被災者の生活欲求が徐々に高度化して来て、生活支援の内容やレベルが高まっているのは言うまでもない。

以上6つの視点とともに、各期に共通することとして、

⑦ ボランティアの動き

⑧ 地方自治体のその他の動き

を整理する。

なお、今回の震災では流言飛語の類が極めて少なく、パニックも発生しなくて、神戸・阪神間地域の住民は極めて冷静に行動した。特に、世界各国の報道機関の記者達が、被災者の落ちついて沈着な態度を一様に称賛した。

そうした中で、デマが2つ発生した。1つは「仮設住宅の入居手続きが始まった」(1月20日)で、今1つは「近畿地方で大地震発生」(1月23日夕刊)だ。仮設住宅への入居と余震の恐怖が、被災者にとって切実だったことが伺える。

1.2 人命救助と緊急医療

(1) 人命救助

人命救助は時間との戦いである。地震発生直後から、地元住民が生埋者の発見・救出を行うとともに、地元の消防・警察も救出に当たった。続いて各地の警察・消防や自衛隊が応援に駆けつけ、さらに、スイス・英国・フランスなどの外国からの救助隊も救助犬とともに救出に加わった。震災直後の報道では、家屋の倒壊現場での救出や遺体収容の様相などがかなりの比重を占めていた。

今回の地震は直下型で避難する余裕がなかったことから、死者の多くは建物や家具類の下敷きになっての圧死で、即死に近い人が多かった。一方では、倒壊した建物に生埋めになりながらも梁の隙間などで助かり救出された人も多く、ほんの数10センチの隙間の有無に命が左右された。震災から106時間を経過した1月21日に救出された人もいた。

家屋の倒壊が激甚であったことから、救出と遺体収容に長時間を要した。発震3日目の19日まで、警察庁発表のたびに行方不明者数が増え、どこまで人的災害が深刻化するのか恐怖感さえ覚えた(図1.2.1)。警察・自衛隊などによる最後の一斉捜査が行われたのは、発災12日目の1/28のことであった。

なお、生埋者の迅速な救出という観点から、「日

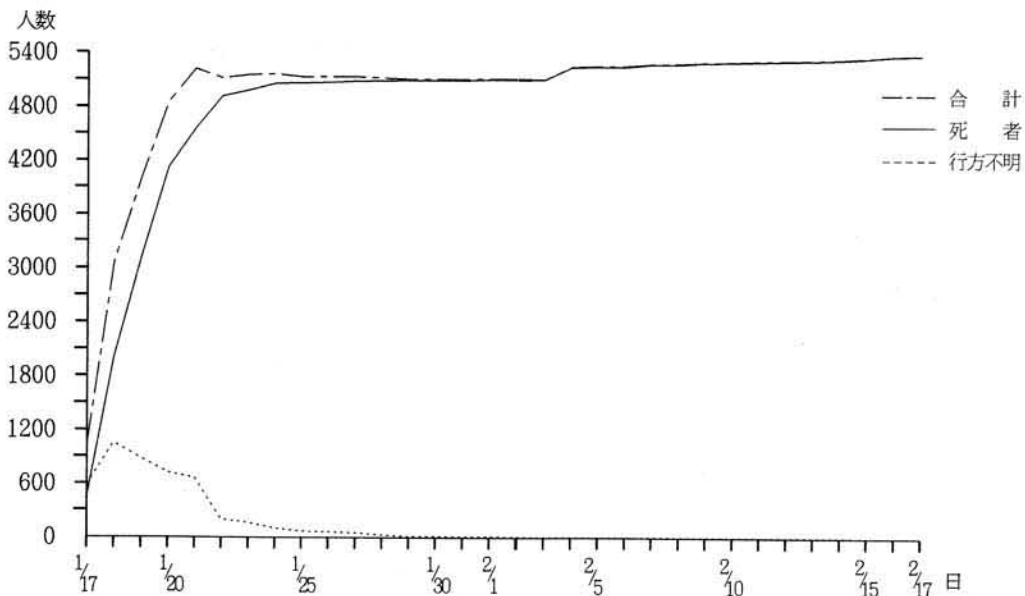


図1.2.1 死者・行方不明者数の推移

常的な地域社会との繋がり、地域住民相互の助け合いの重要性」「報道関係のヘリコプターや緊急車両のサイレンで被災地は騒然としていたが、生埋者の発見には、静寂が必要」が改めて認識された。

〔人命救助に係る主な報道〕

- ◇1/17 消防も警察も来ない中で、住民は必死の救出作業を続けた。
兵庫県知事が自衛隊に出動要請(10:00)。
自衛隊が神戸市内や淡路島などで、家屋の下敷きになった住民の救出を続けた。
警視庁レスキュー隊と近畿・中国・四国地方の各府県警の応援部隊820人が西宮署に集結(20:30)
- ◇1/18 夜を徹して行方不明者の救出が続く。
警察機動隊員約2500人と自衛隊員約3700人が救出に当たる。
- ◇1/19 スイスより災害救助隊25名と救助犬が到着。
- ◇1/21 神戸市東灘区で、106時間ぶりに救出。
フランス内務省災害救助特別部隊の60名が西宮市内で救出活動。
- ◇1/28 兵庫県と陸上自衛隊は総勢15,000人で一斉に行方不明者を捜索。
- ◇1/29 陸上自衛隊が活動内容を人命救助中心から、本格的な生活支援や復旧・復興作業に広げ始めた。

(2) 医療

人命救助面では医療関係者が大きな役割を果たした。倒壊家屋の下から救出された人々の中には重軽傷者が多かった。病院の建物が被災し、水道・電気などが止まる困難な状況の中で、緊急医療・応急措置が施された。現場の医療スタッフは献身的に働いたが、17日には簡単な応急処置が精一杯で、医薬品が底をつくとそれもできなくなった。18日以降は、国外での医療ボランティア経験の豊富な医療NGOなども加わり、徐々に医療体制が回復した。不足し

がちな医薬品も、各地から緊急輸送された。

被災1週間後位からは、被災者の医療ニーズに変化が見られるようになった。避難所の暖房が不十分で風邪が猛威を奮ったこと、避難所暮らしでストレスがたまり病気にかかり易いことなどから、看護の必要な被災者が多くなった。さらに時間が経過すると、避難所生活の長期化で被災者の精神的・心理的ケアなどの必要性が指摘されるようになり、地元大学病院やボランティアによる精神科医療も行われた。

〔医療に係る主な報道〕

- ◇1/17 大阪市消防局が血液製剤をヘリで西宮に運んだ。
- ◇1/21 北淡町に、診療船「かんいほけん丸」が、医薬品多数と医師を積んで入港。
海上保安庁のヘリが急患を神戸市から大阪空港へ空輸。
- ◇1/23 被災者への治療が骨折などの外傷から風邪に変わり、約7割は風邪。
兵庫県が神戸市の5保健所で「精神科救護所」を開設。日本臨床心理士会が「心理相談ホットライン」を始める。
- ◇1/29 神戸市・西宮市でインフルエンザの予防接種。

1.3 二次災害防止

(1) 火災

今回の地震では、多数の火災が同時発生し、兵庫・長田・須磨区などの住宅密集地で約2日間に渡って延焼・類焼が続き、焼失面積は100haを超えた。出火件数は、17日に100件以上(神戸市消防局調べ)、18日夕方には234件(同上)にのぼった。さらに、発災数日後の電力復旧後に、漏電が原因と見られる火災が発生した。

火災による激甚な被害に対し、震災直後の報道では、次の点が問題点として指摘された。

- ①出火件数が多く、消防能力を超えた

- ②断水で消火栓が機能せず、防火水槽の絶対数も不足し、消火用水が得にくく、消火作業が滞った。
- ③倒壊物が道路に散乱し、消防車の行く手を阻んだ。
- ④延焼防止帯として機能する広幅員道路や公園が少なかった。
- ⑤建物の外壁が崩れていたため、類焼しやすかった。

【火災に係る主な報道】

- ◇1/17 火災の激しい神戸市長田区の長田消防署に岡山・大阪などから応援の救急隊が続々到着。消火活動開始(21:10)。
長田区の工場街大規模火災。火勢は衰えず、JR神戸線を越えて海岸部へ迫る(22:40)。
- ◇1/18 停電の復旧に伴う二次災害とみられる火災が、神戸市中心部で相次いだ。
前日から燃えつづけた神戸市兵庫区の火災が夕方までに、ほぼ鎮火した。
夜になって数カ所で飛び火などによる小規模な火災が相次いだ。
- ◇1/19 ポートアイランドの三菱倉庫から出火。延べ5000㎡以上を焼損(1:30)。
三宮駅前の三宮センター街で火災発生。雑居ビルや木造民家に延焼(7:45)。
- ◇1/20 前夜から10数件の火災が神戸市内で発生。

(2) その他の二次災害防止

火災以外の二次災害防止としては、つぎのような対策が取られた。

- ①倒壊の恐れのある建築物の解体・撤去
- ②降雨による地滑り発生に備えた避難
- ③ガス漏れによる避難

なお、建築物の解体・撤去については、別項に含めて整理する。

【その他の二次災害防止に係る主な報道】

- ◇1/18 神戸市東灘区のLPGタンクからのガス漏

れの恐れがあり、約8万人に避難・退避勧告。

- ◇1/20 兵庫県警「避難地緊急パトロール隊」発足。
- ◇1/21 地震後初の雨の天気予報。西宮市などで、地滑りに備えて1万人以上に避難勧告。
- ◇1/22 地震発生後初めて被災地に雨が降り、地盤の緩んだ場所で土砂崩れや崖崩れが相次ぐ。事前に避難しており、死傷者はなし。

1.4 被災者の生活支援

(1) 避難所の開設

今回の震災では、改めて『便利で快適な都市生活は、衣・食・住の生活の全てに渡って高度に社会化されている』ことが実感された。

兵庫県下だけでも約9万戸が損壊し、水道・電気・ガス・下水道などのライフラインが一挙に絶たれた時、過去に例を見ないほど多くの被災者が、長期間にわたって避難所暮らしを強いられた。

避難所で過ごす人の数は、表1.4.1に示すように、地震の発生した17日は約187,000人だった。その後、断水や停電で自宅での生活が困難になったり、相次ぐ余震や火災で不安になって、避難する人の数が日を追って増え、最盛期の22日には約316,000人に達した。22日の避難所は1,801所であった。なお、避難所は被災地内だけでなく、近隣8府県にも確保された。

表1.4.1 避難者の数の推移

月 日	避難者の数
1月17日夜	約187,000人
1月18日夜	約234,000人
1月19日夜	約275,000人
1月20日夜	約283,000人
1月21日夜	約314,000人
1月22日夜	約316,000人
1月23日夜	約305,000人
1月24日夜	約295,000人
2月16日夜	約214,000人

〔避難所に係る主な報道〕

- ◇1/18 大企業を中心に、社員や家族の被災地からの疎開を支援する動きが広がる。
- ◇1/19 大阪府が、公共宿泊・社会福祉施設などに避難住民の受入れを決める。
- ◇1/22 大阪・京都など近隣8府県で32,000人分の避難所を確保。

(2) 緊急救援物資の輸送

震災直後は、飲料水・非常食・毛布などの緊急救援物資が必要とされた。全国各地からペットボトルや瓶詰の飲料水が被災地に送られ、給水車が各地から救援に駆けつけた。

救援の動きは全国に広がり、19日～20日には各地から救援物資が届いたが、交通網の寸断・交通渋滞・人手不足などで配送が困難を究めた。救援物資の仕分けや配送には、ボランティアも活躍した。

飲料水や非常食が何とか行き渡るようになると、暖かい食料・着替え・紙オムツ・女性の生理用品などの生活必需品を求める声が出始めた。

〔緊急救援物資の輸送に係る主な報道〕

- ◇1/17 神戸市災害対策本部が、非常食を市内各地の避難所に搬送。
宝塚市役所前では、自衛隊が炊きだし、食糧庁が政府米65,000食、乾パン45,000食を被災地に緊急供給を発表。
大阪府が災害用備蓄品の全てを神戸・芦屋・西宮に陸送開始(毛布3万枚、乾燥米2万食など)。
- ◇1/18 農水省が食料援助中心の緊急対策を発表。
食品メーカー・流通系企業が、水・食料を緊急輸送。
避難所に非常食・飲料水・毛布などが届く。
- ◇1/19 被災者救援や復旧に向けた各国からの申し出が30カ国と2機関にのぼった。
全国自治体からの救援物資の申し出が300

件を越す。

- ◇1/20 市役所には全国から救援物資が届くが、職員不足・車不足で避難所への配送が滞る。
- ◇1/23 避難所で女性用下着不足のニュースに、芦屋市役所へ数万着の下着が届く。

(3) 被災地での生活支援

ライフラインの供給が停止し、日常生活用品を商う店の多くが閉店した都会では、生活の維持が困難を究めた。断水になると、水洗トイレは使えなくなった。水道とガスが止まると、入浴も困難になった。洗濯も出来なかった。散髪屋も営業困難となった。

交通網が寸断され、交通渋滞で車も使いにくくなると、日常の足には自転車・ミニバイクが貴重な存在となった。銀行通帳を紛失した状態での預金の引出しも急を要した。

こうして数え上げていくと、便利な都市生活は、生活の隅々まで社会化されていることが、震災を契機に実感された。

〔被災地での生活支援に係る主な報道〕

- ◇1/18 ポートアイランドのスーパーが営業再開。
長い行列が出来る。
尼崎市中央卸売市場がセリ再開。
尼崎市内の公衆浴場が営業再開、普段の約3倍の客が詰めかけた。
- ◇1/19 神戸市中央卸売市場で野菜などのセリ再開。
新たな入荷はなく、在庫が対象。
神戸市がゴミの収集を再開。
仮設トイレのし尿処理応援のため、全国環境衛生整備事業協同組合連合会からバキュームカー30台が到着。
- ◇1/20 日銀神戸支店で都銀など13行の預金払戻を開始。
神戸市兵庫区の市場で、20店舗ほどが営業開始。格安で販売。

- 兵庫県が「避難所緊急パトロール隊」を編成し、避難住民の人数・救援物資の配送状況などを把握。住民から苦情・要望を聞く。西宮市内の銭湯が営業再開し、1,500人が詰めかけた。
- ◇1/21 生活費を確保できるよう、金融機関が土曜日曜も窓口業務。
避難所で仮設トイレの建設進む。
- ◇1/23 神戸市中央卸売市場では魚介類の入荷が増え、取引が本格化。取扱量は通常の2割。
- ◇1/24 陸上自衛隊が、仮設風呂を神戸市第1突堤に設営
被災地でバイク・自転車が品切れとなり、各地の自治体から放置自転車を輸送開始。神戸市兵庫区で給水再開にともない、コインランドリーが営業再開。
- ◇1/27 芦屋市の精道小グラウンドで仮設浴場がスタート。
- ◇1/29 被災者への義援金が約184億円に達する。
- ◇1/30 神戸駅前の「デュオ・神戸」が営業再開。大阪・京都府の散髪ボランティア70人が、神戸市中央区で散髪。
- ◇2/4 関西電力が、避難所周辺100ヶ所に街灯を設置。
- ◇2/6 義援金の第1次配分が、神戸市と宝塚市で始まる。
神戸市は各区役所で「罹災証明書」の発行を始める。
地下街「メトロこうべ」の12店舗が営業を再開。
- ◇2/10 兵庫県警に「のじぎくパトロール隊」発足。婦人警官が被災地を巡回し、災害弱者を中心に困りごと相談を受ける。
- ◇2/12 西宮市で義援金、県災害援護金の支払票発行始まる。
- ◇2/13 西宮市で「罹災証明書」の発行始まる。
- ◇2/14 米軍が芦屋市芦屋公園にテント設置。ボラ

ンティアの宿泊、物資の保管に使用。

- ◇2/20 被災地の税務署で所得税の還付申告始まる。
- ◇3/1 三宮地下街「さんちか」が営業再開。
- ◇3/9 「ダブルローン助成制度」を兵庫県が創設することを決定。
- ◇3/10 ハーバランドの商店街「モザイク」と「神戸阪急」が営業再開。

(4) 仮設住宅の確保

今回の震災では、兵庫県下だけで約9万戸の住宅が損壊した。避難所暮らしを余儀なくされた被災者にとって、住宅の再建が緊急の課題であった。しかし、住宅密集地の解消など、災害に備えた市街地の再建を進めるために、当座は仮設住宅が建設されることとなった。

〔仮設住宅の確保に係る主な報道〕

- ◇1/23 兵庫県知事が避難住民約30万人の住居対策として、5万戸の仮設住宅が必要と表明。
- ◇1/27 神戸市で仮設住宅・公営住宅の入居申込みが始まる。
- ◇1/28 西宮市が仮設住宅・公営住宅の入居申込みを締切る。競争率約9.1倍。
- ◇1/29 被災地で初めて仮設住宅の抽選がある(芦屋・伊丹両市)。
- ◇2/1 神戸市が市所有のニュータウン宅地の早期大量放出を決める。
- ◇2/2 神戸市で仮設住宅・公営住宅の入居申込みを締切る。競争率20倍以上。
兵庫県の仮設住宅への入居が始まる(淡路島五色町)。
- ◇2/5 兵庫県は3万戸計画の仮設住宅をさらに1万戸増やすと決定。
- ◇2/6 宝塚市と伊丹市で仮設住宅への入居始まる。
- ◇2/7 神戸市で仮設住宅・公営住宅の入居決定発表。西宮市でも入居抽選。政府は英国から仮設住宅の輸入を決定。

◇2/12 神戸市・西宮市が仮設住宅・公営住宅の第2次募集を始める。

◇2/15 神戸市で仮設住宅の入居が始まる。

◇2/28 神戸市で仮設住宅への2次募集始まる。

1.5 ライフラインの復旧

(1) 電気

100万戸が停電したが、1週間後の1月23日にはほぼ復旧した。

[電気に係る主な報道]

◇1/17 地震発生と同時に停電。

西宮市中央体育館で電気が復旧(16:40)。

◇1/18 午前6時現在、兵庫県内の約40万世帯で停電。中国電力など6社の応援約250人も含め約3000人の態勢で復旧作業中。

◇1/23 仮設電線による送電が進み、被災地のほぼ全域で電気が仮復旧。

(2) 水道

神戸市をはじめ、西宮・芦屋市など9市5町で全体の約70%、1,219千戸が断水した。2月15日の時点で復旧率は85%。復旧の見込みは神戸市で2月20日頃、西宮市・芦屋市は2月末を目標にしている。

[水道に係る主な報道]

◇1/17 地震発生と同時に断水。

神戸市水道局が市内小学校で給水開始(17:00)。

◇1/18 神戸市ではほぼ全域の約585000世帯で断水が続く。市・自衛隊・他都市の給水車・ポリタンクを積んだトラックでの応急給水活動が本格化。

◇1/21 韓国から飲料水が神戸港に到着。

◇1/25 午前0時現在約63万世帯で断水。神戸市は全世帯の約60%、西宮市は約80%、芦屋市はほぼ全世帯、宝塚市は40%、明石・伊丹市

では約30%で断水。

◇2/3 伊丹市全域で復旧。ただし、水圧は通常の半分。断水世帯は神戸・西宮・芦屋・尼崎と北淡町の計約392000世帯。

◇2/17 神戸・西宮・芦屋・尼崎の計約177700世帯で断水が続く。

(3) ガス

ガスは857千戸で供給停止となった。大阪ガスによると、一日平均1万戸弱のペースで供給を再開しており、2月15日現在で、西宮・芦屋を含め30.5%が復旧した。神戸市内では灘・長田区がほとんど復旧しておらず、10%未満の復旧率の区が多い。ガス管は地下に埋設されているため、ガス漏れがないかどうかの確認作業に手間取っているが、一部地域を除き3月初旬をめどに復旧の見込み(2月現在)。

[ガスに係る主な報道]

◇1/17 11時50分に大阪ガスが中ブロックを遮断し、神戸市東灘区など4地区計425000戸のガス供給が停止。

◇1/18 神戸・阪神間の計857000戸にガス供給停止が拡大。

◇1/22 低圧供給管の復旧工事が西宮市から順次始まる。

◇2/4 被害世帯の1割を超す約91500世帯が回復。供給が停止している世帯は約765900世帯。

(4) 通信

電話は475千回線が被害を受けた。NTTの調べでは、電柱に架設した回線のうち3~4%が被害を受けた。これに対し地中の回線の被害は0.2%にとどまった。

[通信に係る主な報道]

◇1/17 電話が輻輳し、ほとんど不通。

公衆電話に行列ができる(6:40)

◇1/18 衛星無線車や臨時公衆電話などを設置し、

移動電源車なども出動。

- ◇1/20 NTTが避難所や公園など83ヶ所に455回線の臨時電話を設置。
電話のかかりにくい状態が続く。
- ◇1/21 KDD神戸支店が国際電話専用の無料特設公衆電話を設置。
- ◇1/25 不通は約66,500回線。このうち仮設電話線などで復旧できるのは約28500回線。

1.6 建物の解体とガレキ処分

二次災害防止や都市の復旧・復興のためには被災建物の解体とガレキの処分が緊急の課題であった。建物の解体方法・ガレキの運搬・処分費用の負担・処分地の確保などが問題となった。

震災で発生した大量のガレキの処理は、長期化が避けられない見通しである。

〔建物の解体とガレキ処分に係る主な報道〕

- ◇1/21 応急危険度判定士らが立入禁止建造物の確認作業開始。
- ◇1/24 神戸市の中心街でビル解体工事始まる。
- ◇1/28 政府が、住民や中小業者の所有建物の解体・ガレキの処理作業を市町村が行い、その費用の半分の国が補助することを決定。
- ◇1/29 神戸市が家屋解体の受付を始める。
- ◇2/6 北淡町全域で自衛隊の協力で、倒壊家屋約1600戸の撤去開始。
- ◇2/7 神戸市が木材廃棄物を焼却する施設の新設を決める。市内のガレキ置場は満杯で、法律で原則禁止の野焼きもやむを得ない状態。
- ◇2/9 神戸市中央・東灘区で自衛隊によるガレキ撤去作業が本格化。

1.7 学校関係

校舎の被災、通学困難などのために、被災地の幼稚園・小中高校の休校が長く続いた。授業の再開は翌週の1/23からで、この時点でも約2/3の学校は休

校であった。文部省の調べによると、被災して転校した児童・生徒は24,454人(2/10現在)にのぼる。

また、1月中旬から3月にかけての入学試験や就職にも影響が出た。高校・大学は試験日を延期し、就職内定を取消された学生には、NTTなどの企業が特別採用試験を実施した。

〔学校関係に係る主な報道〕

- ◇1/23 休校していた兵庫県下の小中高校の約1/3に当たる180校が授業を再開。
- ◇1/25 国立大学協会は、被災地の受験生を対象に特別日程の入試を実施するように、各国立大学に要請することを決定。
- ◇1/30 西宮市で大半の幼稚園・小中高校が再開。
- ◇2/1 宝塚市小学校で給食を再開。
- ◇2/2 被災地から他の地域に転校した児童・生徒が20千人を超える。一部の生徒は疎開先からUターンを始め、疎開のピークを超える。芦屋市の全小中学校で登校再開。
- ◇2/8 23日ぶりに全ての県立全日制高校130校で授業再開。
採用内定を取消された学生数が、266人にのぼる。
- ◇2/13 兵庫県下の中学校が全校で授業再開。小学校と高校の33校は依然休校。
- ◇2/16 神戸市立学校でプレハブ仮設教室の建設始まる。
- ◇2/26 延期されていた被災地の私立高校入試実施。

1.8 ボランティア活動

救命医療の現場での医療ボランティア、緊急救援物資の仕分けと運搬におけるボランティアの活躍を、すでに紹介した。それ以外にも実に種々な分野でのボランティアの活動があった。

〔ボランティア活動に係る主な報道〕

- ◇1/18 神戸市災害対策本部がボランティアを募集。被災地への炊きだしや救援物資の輸送、病人や老人の介護を行う。
- ◇1/23 被災者に対する市民レベルの救援活動が、全国に広がる。
関西の市民グループが、被災外国人を対象に電話による情報提供を始める。
- ◇1/28 大阪のボランティア団体が、被災地で活躍する一般ボランティア約4000人の情報交換。
- ◇1/末 避難所200ヶ所にアマチュア無線局開局。
「西宮ボランティアネットワーク」を形成。配給部、情報部、総務部を編成。
- ◇2/7 地元NGO救援連絡協議会が初会合を開く。
文部省は、ボランティア活動への単位認定などの配慮を国公立大学に要請。

1.9 地方自治体のその他の動き

人命救助・二次災害防止・緊急救援物資の輸送・仮設住宅の確保などが地方自治体の手で進められたが、その他にも『復興のビジョンづくり』なども迅速に行われた。

〔地方自治体のその他の動きに係る主な報道〕

- ◇1/17 各自治体が、災害対策本部を設置。
兵庫県警は災害警備対策本部を設置。
- ◇1/26 神戸市が災害復興本部を設置。
- ◇1/30 兵庫県が国に、被災地復興事業を円滑に進めるための新規の立法・法改正、財政的支援を求める。
- ◇1/31 神戸市が震災復興に向けた基本計画を発表。
- ◇2/1 神戸市が市内6地区に建築制限をかける。
- ◇2/9 「阪神大震災復興会議」を関西経済界と自治体が大阪市で開催。
- ◇2/11 兵庫県が「阪神・淡路大震災復興計画」の素案をまとめた。
神戸市復興計画検討委員会が初会合。
- ◇2/24 兵庫県が、復興事業を中心にした94年度補

正予算案を発表。

- ◇3/4 兵庫県が県防災会議を開催。
- ◇3/8 「阪神・淡路大震災復興基金」の規模が6000億円となる。
- ◇3/9 兵庫県が「ひょうご住宅復興3カ年計画」を発表。

1.10 その他

〔その他の主要な報道〕

(1) 政府関係機関の対応関連

- ◇1/17 非常災害対策本部を設置。
神戸市に災害救助法適用。
- ◇1/18 全閣僚による「兵庫県南部地震対策関係閣僚会議」開催。
- ◇1/19 村山首相が被災地を視察。
- ◇1/20 小里北海道・沖縄開発庁長官を、被災者救援や復旧活動に専任する担当相とする。
- ◇1/23 政府の現地対策本部が県公館で初会合。
- ◇1/24 激甚災害法による「激甚災害」に指定。
- ◇1/26 24年ぶりに「災害基本計画」の大幅な見直し作業に入ることを決定。
- ◇2/2 「罹災都市借地借家臨時措置法」を適用する政令を決定。
- ◇3/7 被災した住民や企業を対象とした税の減免・優遇措置を決定。

(2) その他

- ◇1/31 天皇・皇后両陛下が被災地を訪問し、激励。
海外から日本への旅行のキャンセル相次ぐ。
- ◇2/8 神戸市選挙管理委員会が、統一地方選挙の日程延長を決定。
大阪ガス労働組合が春闘要求見送り決定。
- ◇2/14 神戸ポートタワー地震発生後始めて再点灯。
- ◇2/17 明石市立天文台の大時計が1カ月振りに動き出す。
選抜高校野球の開催を決定。
- ◇2/24 被災地の地方選挙延期を決定。

2. 関西地区と地震

本久 明*

2.1 はじめに

有史以来、政治・経済・文化の中心であった関西地区には、歴史資料に数多くの地震記録が残されている。理科年表によると、関西地区に影響を与えた地震の数は約70個にのぼる。明治以降に関西地区に震度5以上の影響を与えた地震に限っても、その数は13個もある。これら13個の地震については、その震度分布を図2.1.1に示す。

また、地震予知連絡会は「大規模地震対策特別措置法」(1978)により、関西地区を次の根拠から「特定観測地域」(名古屋・京都・大阪・神戸地区)に指定している(図2.1.2)。

『この地域には、歴史的に、M7級の被害地震が発生しており、また活断層が密集している。養老断層沿いに比較的大きな水平歪み、琵琶湖西岸に北上がりの地盤傾動が見られる。社会的に特に重要な地域である』

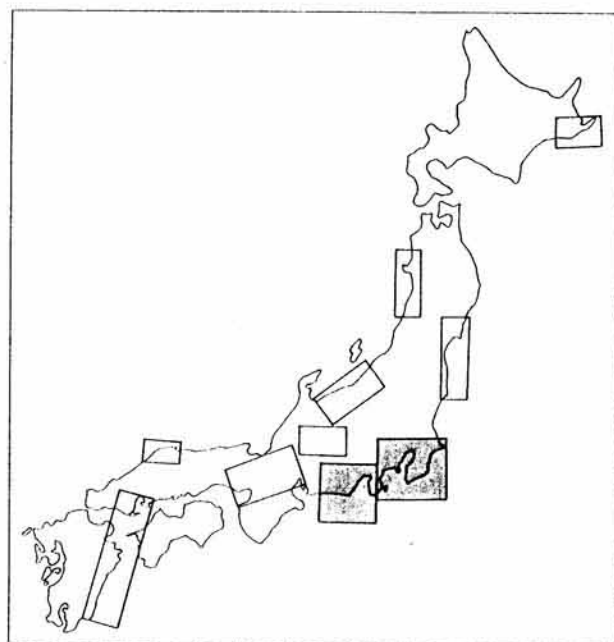


図2.1.2 地震防災対策強化地域と特定観測地域

*技術士 企画室

以下の各節では、地域防災計画の基礎となる『想定地震』の参考とするため、まず、地震の発生についての基礎知識を整理し、その後、関西地区における地震の発生頻度に着目しながら、既存文献を紹介する。

2.2 活断層と地震の発生

阪神・淡路大震災は典型的な内陸の活断層による地震であり、この地震を契機として内陸直下型地震、とりわけ活断層についての関心が高まった。そこでまず、活断層とは何かを説明する。『現代用語の基礎知識』によると、「活断層」は、

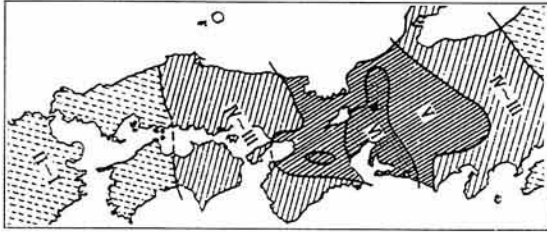
『地質時代のうちの最新の時代すなわち新生代第4紀に活動し、現在も活動が続いていると見られる断層。ただし活動の仕方は間歇的であり、数百年か数千年に一度の急激な動きとして発現するのであるが、人類の目から見ればまったくの突然の地震と感じられる』

と定義されている。すなわち、約200万年より新しい時代に動いた形跡のある断層が、活断層である。これまでの研究では、約2000の活断層が全国で発見されており、20万分の1の地形図にその所在が示されている。

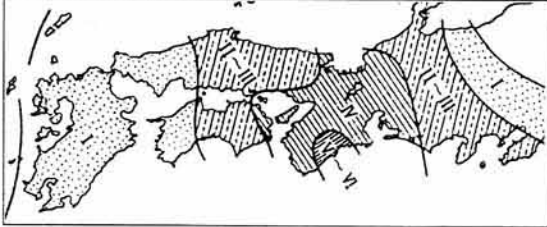
この定義では、活断層が動いて地震を発生させることが分かるが、では何故、活断層が動くのであろうか。それについては、地震学のプレートテクトニクス理論によって、次のように説明されている。

『地球内部にはマントル対流があり、プレートと呼ばれる厚さおよそ100Kmの外表部が、ゆっくりと運動している。この運動の歪みがある一定の限度を超えた時に、地震が発生する。この歪みの解放場所が断層である』

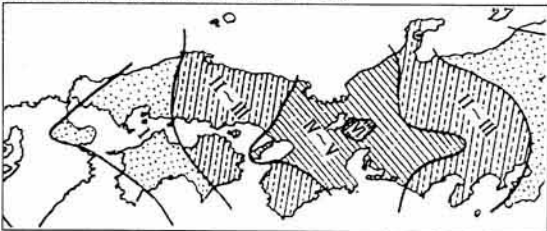
(1)濃尾地震（明治24年10月28日）



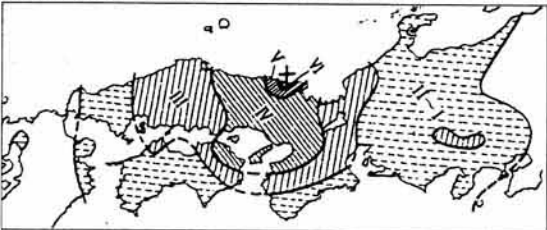
(2)紀伊半島南東地震（明治32年3月7日）



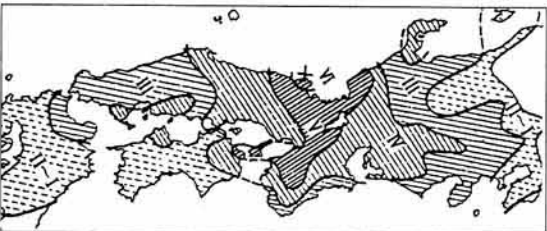
(3)姉川地震（明治42年8月14日）



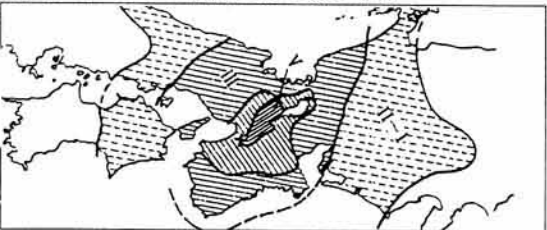
(4)北但馬地震（大正14年5月23日）



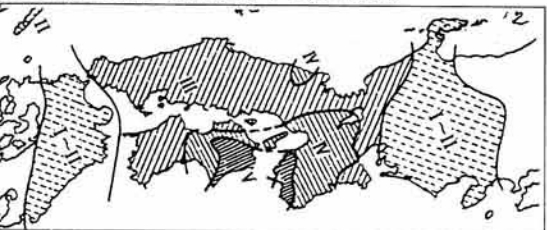
(5)北丹後地震（昭和2年3月7日）



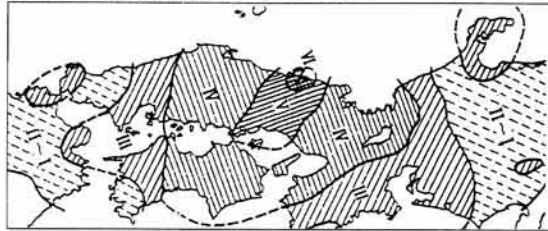
(6)河内大和地震（昭和11年2月21日）



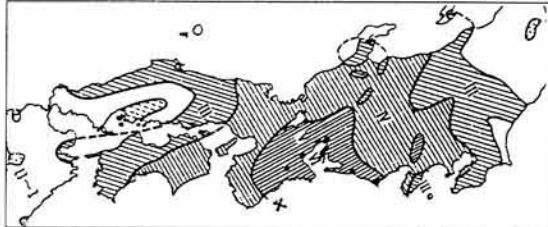
(7)田辺湾沖地震（昭和13年1月12日）



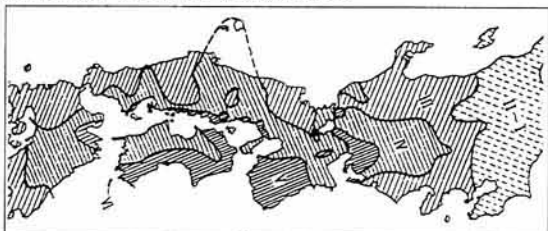
(8)鳥取地震（昭和18年9月10日）



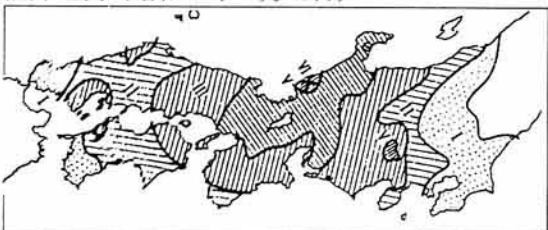
(9)東南海地震（昭和19年12月7日）



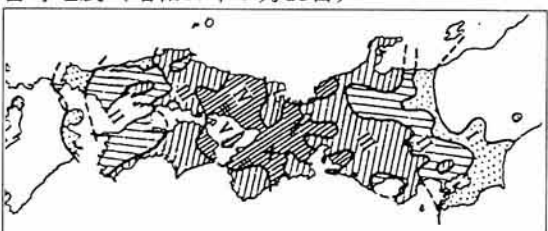
(10)南海地震（昭和21年12月21日）



(11)福井地震（昭和23年6月28日）



(12)吉野地震（昭和27年7月18日）



(13)越前岬地震（昭和38年3月27日）

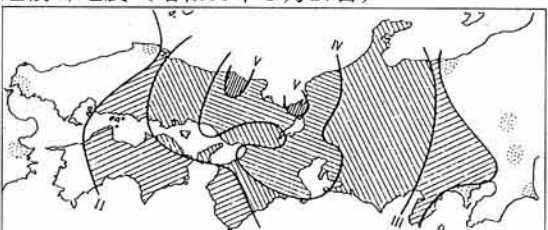


図2.1.1 明治以降関西地区に震度5以上を与えた地震による震度分布

日本列島の近くでは、図2.2.1に示すように、日本列島の乗るユーラシアプレートの下に、フィリピン海プレートと太平洋プレートがもぐり込む動きがあると考えられている。これらのプレートの境界が南海トラフと日本海溝である。

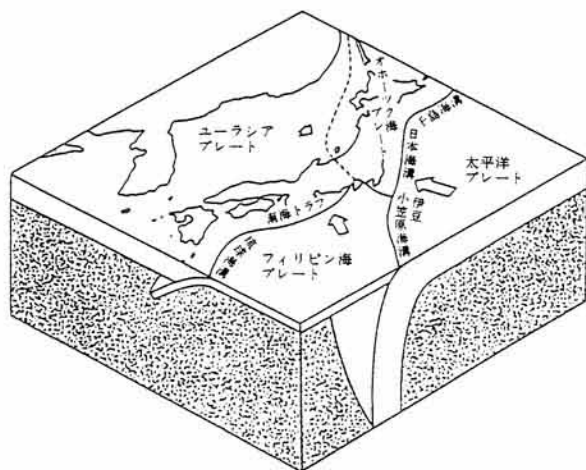


図2.2.1 日本列島付近のプレートとその動き

地震には、プレート境界型とプレート内型の2つのタイプがある。この2つのタイプの地震は、発生場所・頻度・震動の性質などが、以下のように異なる。

①プレート境界型地震

プレート境界型地震は、つぎの過程を経て発生する海溝型巨大地震である。

- (a)海洋プレートが大陸プレートの下にもぐり込む。
- (b)これにつれて、大陸プレートの先端が引きずり込まれ、大陸プレートに歪みが溜まる。
- (c)大陸プレートに溜まった歪みが限界に達すると、大陸プレートが跳ね上がって、地震となる。

このタイプの巨大地震は、プレート内型に比べて発生の周期が短く、概ね百年から数百年に一度、同じ場所で繰り返し発生する。海底で発生する地震であるため、津波を伴うことが多い。

地震の源となる断層の規模が格段に大きく、地震時に解放されるエネルギーも大きいことから、M8クラスの巨大地震が珍しくない。ただし、震源が比

較的遠いことが多く、広範囲な地域が影響を被るものの、震度7の激甚な震動が近代都市を襲った事例はこれまでのところない。

②プレート内型

プレート内型は、内陸部の活断層に沿って起こる直下型で、つぎの過程を経て発生する。

- (a)海洋プレートが大陸プレートの地殻を押し縮めめるように動くと、活断層などの地殻弱部に歪みが徐々に蓄積する。
- (b)歪みが限界に達すると、地殻弱部が一挙に破壊し地震となる。

同じ活断層から、その活断層ごとにおおむね定まった間隔で、同じ様な規模の地震が発生する。その発生頻度は、活断層の動きの速さによって異なるが、千年を超える周期のことが多い。規模が小さい活断層では何万年に一度の周期のものもある。

また、活断層はそれぞれが全く独立して動くわけでもない。ある断層が動くと、歪みエネルギーがある程度蓄えられている、地質的に関連の深い断層が連鎖的に動くことも少なくない。

2.3 関西地区に影響を与える海溝型地震

関西地区に影響を与える海溝型地震は、東海から四国にかけての太平洋沿岸海底にある南海トラフで発生する地震である。ここではフィリピン海プレートが、陸側のユーラシアプレートの下へもぐり込んでいる。この南海トラフの西半分で発生する地震を南海地震、東半分でのそれを東海地震と呼んでいる。文献記録が残っている南海トラフで発生した地震を、表2.3.1に示す。表2.3.1によれば、関西地区に影響の大きい南海地震は、684年の白鳳南海地震から1946年の昭和南海地震まで8回ある。

また、南海地震と東海地震は双子の地震と言われており、東海地震の直後もしくは2年程の後までに南海地震が発生することが多くなっている。

南海地震の周期については、表2.3.1によると1300

表2.3.1 南海トラフにおける地震の発生日時

発生日時	南海地震	発生日時	東海地震
684. 11. 19	白鳳南海地震	△7世紀	△東海地震
887. 8. 26	仁和南海地震		
1099. 2. 29	康和南海地震	1096. 12. 17	東海地震
△13世紀前	△南海地震		
1361. 8. 3	正平南海地震		
△1496	△南海地震	1498. 8. 3	東海地震
1605. 2. 3	慶長南海地震	1605. 2. 3	東海地震
1707. 10. 28	宝永南海地震	1707. 10. 28	東海地震
1854. 12. 24	安政南海地震	1854. 12. 23	安政東海地震
1946. 12. 21	昭和南海地震	1944. 12. 07	東南海地震？

(注) _____を引いたのは、文献記録に残る地震
△は遺跡に痕跡の残る地震（発生日時は推定）
1944. 12. 07の東南海地震は、東海道沖が震源である。

年代までは200～250年周期、1600年以降は100～150年周期で発生している。しかし、最近の地震考古学の研究では、遺跡の中の液状化痕跡より12世紀前半や15世紀後半に南海地震の存在が指摘されており、1600年以前も100～150年周期で発生していたのではないかとの見方が出てきている。

仮に、100～150年の周期とすれば、次の南海地震の発生は21世紀中葉から22世紀にかけてとなり、今しばらくは余裕があることになる。しかし最近、地震間隔に関して有力と考えられている「タイム・プレディクタブル・モデル」によると、もっと早い時期の地震が想定されている。

このモデルは、次の2つの実験結果から導き出されたもので、『次の地震までの時間は、前の地震の大きさに比例する』と考える。

- ①地震域にかかる応力は時間に比例し増加する。
- ②応力があるレベルまでに達すると地震が発生する。

このモデルを用いて、京都大学防災研究所地震予知研究センターの安藤雅孝教授は『2015～2020年』を次の南海地震の発生時期と予測し、しかるべき対策の必要性を訴えている。安藤教授が、高知県室津

港における水深変化(土地の隆起)にタイム・プレディクタブル・モデルを適用した事例を図2.3.1に示す。

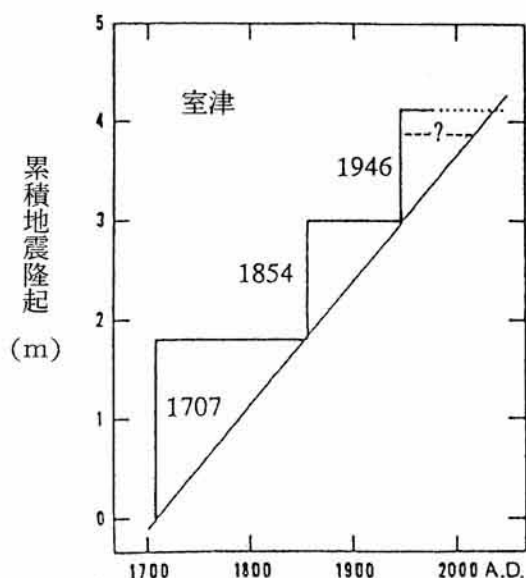


図2.3.1 タイムプレディクタブルモデルによる南海地震の発生時期の予測事例

2.4 関西地区に影響を与える内陸型地震

内陸直下型地震は活断層によって引き起こされる。全国約2000の活断層のうち、関西地区には、阪神・淡路大震災を引き起こした「六甲断層群」をはじめ、多数の断層が走っている。その代表的なものは以下に列举するとおりで、近畿地方は中部地方と並んで活断層が多く、世界的に知られる断層集中地帯である。

- ①「有馬・高槻構造線」兵庫南部から大阪北部を東西に走る。
- ②「中央構造線」香川・徳島県境から大阪・和歌山の県境沿いにはほぼ東西に走る。
- ③「上町断層」北摂から大阪市の中心部を通って堺付近まで達する。
- ④「生駒断層」生駒山の西側を南北に走る。
- ⑤「黄蘗層」京都南部を南北に走る。
- ⑥その他、花折断層・山崎断層など

海溝型の南海地震の発生前に、西日本の内陸部で直下型地震が活発化する傾向があり、1946年の昭和南海地震を例にとると、発生の50年ほど前まで40～50年間静穏な時期が続いた後、周辺部で内陸型地震が頻発して昭和南海地震に至った。

今回の阪神・淡路大震災は、昭和南海地震の発生から49年後であり、安藤教授の警告する『2015～2020年』の20～25年前に当たることから、戦後しばらく続いた関西地区における静穏期が終わり、内陸部において地震が頻発する可能性が高いとする専門家が少なくない。

（参考文献）

- 1) 力武 常次；日本の危険地帯 — 地震と津波 — 新潮選書，1988, 8, 15
- 2) 寒川 明；地震考古学，中公新書，1992, 10, 15
- 3) 安藤 雅孝；南海道地震は近い？— 地震予知の現状 —，京都大学防災研究所公開講座「生活と防災」テキスト，1993, 8, 25
- 4) 国立天文台編；理科年表，1993, 11, 30
- 5) 島崎 邦彦，松田 時彦編；地震と断層，東京出版社，1994, 10, 20

お わ り に

北村 正夫*

1月17日早朝、兵庫県南部を襲った大地震は、突然の激しい上下動と横揺れの都市直下型地震で、神戸から大阪に続く阪神地区の広範囲にわたって、瞬時に、甚大な被害を与えた。

全半壊家屋は10万棟を越し、死者5,500余名、被災者は30万人を越した。鉄道、道路は高架橋の倒壊・落橋・路面の亀裂等で寸断され、港湾施設の殆どは壊滅して、交通・流通が一時的に途絶状態となった。また、上下水道・電力・通信・ガスといったライフラインは殆どが使用不能となり、都市生活は混乱状態となった。

当日、本社では、交通が一時途絶したため、徒歩、自転車、車等で次々と出社してきたが、出勤者は60名程度であった。本社も相当被災しており、全員が手分けして、各階の散乱した書棚・転倒したOA機器等の片付けや、被災地に住む社員約50名の安否確認を行った。自宅が全半壊した社員が十数名あったが、幸いにも社員は全員無事であった。

11時頃、建設省工事事務所より、被災地道路の落橋の調査・検討についての依頼電話が入って来た。これがクライアントからの災害対応業務依頼の第1報であった。その後、日を追う毎に依頼件数は増加し、2月末迄に222件を数えるに至った。

翌18日、「震災対策会議」がもたれ、

- ・クライアントからの要請は絶対断らず、万難を排して対処する。
- ・営業本部が連絡窓口となって、業務内容により各事業部に対応を要請する。
- ・各事業部長は即断即決を原則として、速やかな対応をする。

等を申し合わせ、18日は準備体制を整え、19日より各部独自の責任で現地に入るようになった。

総務部では泊り込みに備えて、マンション18戸を

確保し、食料・水ボトル・ポリタンク等の手配をおこなった。

19日早朝よりライトバンに単車・自転車・食料・水ボトル等を載せ、担当者は、ヘルメットに作業服姿で、被災地に向かって行動を開始した。

現地への道路状況は想像以上に悪く、目的地へ到達するために、停滞、迂回を重ねて、平常の数倍の時間を要した。20日からは、三井建設と寄神建設の御好意により、尻無川河港から出る高速艇等に乗乗できることとなって、神戸への時間は短縮された。

依頼のあったクライアントは、建設省をはじめ、日本道路公団、阪神高速道路公団、住都公団、兵庫県、大阪市、神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市、伊丹市、尼崎市、豊中市等の出先機関や各部課で、担当者から直接わが社へ依頼が入ってきた。

また、鉄道関係では、JR西日本、阪神電鉄、阪急電鉄、神戸電鉄、神戸高速鉄道、山陽電鉄、大阪高速鉄道、泉北高速鉄道等より依頼を受けた。

依頼の分野も道路・鉄道・橋梁・港湾・河川・上下水道等について・測量・土質調査・被害調査・健全度調査・復旧基本計画・復旧設計・復旧対策など多岐にわたっている。

わが社としては、全社を挙げて協力体制をとり、それぞれの分野の専門技術者を、クライアントのご要望に応じて現地に派遣した。現地へ入った技術者達は、交通の便が悪く、ライフラインの止まった危険を伴う現場で、一日でも早く調査・設計をやり遂げることが、不便を強いられている被災地市民に喜びと希望を持って頂けると信じて頑張った。また、不眠不休で復旧に懸命の努力を続けておられるクライアントの皆様に、少しでも助力出来ればという意気に燃えて努力した。

1月19日から2月末までの40日間に延べ3800人が災害応急業務に従事し、ピークの2月21日には154名が対応した。3月に入って応急対応は少なくなり、復旧・復興業務へと移行してゆき、本社での内業が多くなってきたが、3月1ヶ月間で、延べ約

*技術士 技術開発室

3000名が震災対応業務に従事した。

神戸市内の震災対応業務で威力を発揮したのは、神戸事務所であった。神戸事務所は、昨年9月に主として神戸市の業務を行うために、三宮にあるリクルートビルの8階に開設したが、最大の激震地に有りながら殆ど無傷の状態で建ち残っていた。ここが、神戸での前線基地となり、連絡情報の要として、電話がかかり難い中であって、クライアント・本社・調査員間の連絡をなんとかとることが出来た。そして、神戸事務所へ行けば、自転車・単車・食料・水があり、仮眠を取ることができると、重宝がられた。

今度の大震災で示唆に富む状況が沢山あった。その幾つかをあげれば、

- ・激震地は幅500m～1000m位の線上に集中している。それも殆どが山裾である。
- ・多くのビルが倒壊している間に最近建てられた新しい高層ビルが殆ど無傷で残っている。
- ・住宅地でも10年以内に建てられた木造住宅が多く残っている。
- ・RC高架構造物で被害を受けたものの多くは柱脚の下部かハンチ下で破壊している。
- ・鋼管柱の中程で座屈が多く見られた。
- ・単柱橋脚の倒壊が多かった。
- ・埋立地の被害が大きい。
- ・大阪ガスの懸命の努力にもかかわらず、ガスの復旧に3ヶ月以上かかった。

等々、今後これらの被災状況に対して、各方面で研究・検討が行われ、構造物に対する基準・指針が出される事と思われる。

今度の大震災で私達は、滅多に経験する事の出来ない貴重な経験をした。今後、この震災を教訓として、災害に強い街づくりに貢献することが、われわれの使命であり、犠牲者に対する鎮魂になるのではないのでしょうか。

3月6日に行われた部長座談会「阪神大震災を振り返って」の中で、“震災対応で得られた多くのノ

ウハウを記録に残し、わが社の技術力の幅の広さを後輩に伝えたい。”との合意が旨され、技術開発室が事務局となり、「震災対策調査部会（D2-005）」を結成した。

震災対策調査部会のメンバーは下記のとおりです。

総括	技術開発室	北村 正夫	室長
	計画設計部	横山 康夫	部長
	営業本部	木ノ本 隆	部長
	企画室	本久 明	室長
ワーキング			
	第一設計部	藤村 安則	次長
		三宮 通一	係長
	第三設計部	芦岡 三雄	次長
		丹羽 信弘	係長
	計画設計部	塚本 悦男	補佐
	第二設計部	山口 直紀	課長
		北嶋 武彦	係長
	調査技術部	石川 利行	次長
		高林 茂夫	補佐
	第四設計部	加尾 章	課長
		村上 斉	係長

3月22日の初部会で、阪神・淡路大震災の関連業務で得られた技術知識を、CFKのノウハウとして蓄積するために、「CFKネットワーク」の特集号を発行することを決めた。

特集第1号のテーマは「阪神・淡路大震災の発生と緊急対応」として、各部のメンバーに原稿を依頼した。環境状況の良くない被災現場で頑張り、残務整理も終わらないうちに、多くの方々に原稿をお願いしたが、快く短時間で書いて頂いた。深く感謝する次第です。

なお、復旧・復興編の刊行を考えている。引き続き御協力をお願いします。

— 後輩たちにおくる技術篇 —

阪神・淡路大震災の発生と対応

企画・編集 中央復建コンサルタンツ株式会社
〒532 大阪市淀川区東三国 3-5-26 ☎(06)393-1122
瀧井富慈世
本久 明
木ノ本 隆
横山 康夫
北村 正夫

制作・印刷 株式会社 アサック
〒550 大阪市西区江戸堀 1-26-18 ☎(06)447-1771

発行 1995年5月17日
