

第12章 上・下水道及び電力施設

(1) 上水道施設

高度に普及した水道施設が、広範囲に亘り一瞬のうちにその機能を停止する程の未曾有の被害を被ったことはかつて無かったことである。新聞により公表された厚生省調べによる水道施設の被害は9府県68市町村に及び特に被害の大きかった阪神間の断水状況はピーク時において神戸市は65万戸のうち59.5万戸、芦屋市は3.4万戸全戸、西宮市は16.3万戸のうち15.7万戸、尼崎市は19.2万戸のうち6万戸、宝塚市は6.5万戸のうち4.5万戸がそれぞれ断水と、給水戸数の8割が断水を被る壊滅的な状況であった。

a) 浄水場等

阪神間には阪神水道企業団を含め18ヶ所の浄水場がある。施設の破損、漏水等により浄水量を落としたながらも応急運転を行った浄水場が大部分であった。

損壊の主なものは

- ・池構造物の躯体伸縮ジョイント部損傷やクラックによる漏水
- ・沈澱池整流壁の倒壊、傾斜板（管）等の落下、掻き寄せ機の破損、フロキュレータ軸の偏心
- ・急速ろ過池配管類の破損、緩速ろ過池の底盤や下部集水装置の破損
- ・構造物から出た所の配管の破損
- ・電気設備の破損や各種機器類の水没
- ・ポンプ室クレーンの破損、ポンプ電動機等の水没
- ・上屋のガラス・タイル割れ、壁亀裂、モルタル剝離等その他多数

であった。

また、取水口が山崩れ等で破壊され取水不能となり浄水場の運転不能になった所、法面崩壊により上屋の基礎がえぐられ排水処理設備の運転不能になった所、貯水池土堰堤の崩壊した所等地盤破壊による被害を被った箇所が続出した。

b) 管路

導、送、配水管路の破損、寸断箇所数は相当にのぼり復旧の為に41都道府県から180余りの事業者と水道工事店、のべ3千数百人が応援にかけつけ復旧作業をおこなった。遠心力鉄筋コンクリート管の古い導水管路が破損して漏水し浄水処理に影響がでた所が数ヶ所あった。管路被害の大部分は継手が離脱している場合が多く、ついで管体の割れ、折れ等が多数見受けられた。また止水栓とか消火栓等のフランジ部が破損しているケースも多く見受けられた。また水管橋、橋梁添架管等は橋台の転倒、破壊や伸縮継手部の座屈等がみられた。

給水管の破損、漏水については宅地内外を含め何万箇所にものぼり、特に止水栓、分水栓等の継手の抜けや破損が多かった。

甚大な管路被害の中であって埋立地部に布設された耐震継手管（S型、S-2型）についてはその耐震性能が実証され、また、緊急遮断弁も大部分が作動してその効果が充分発揮されたという報告がある。



写真-12.1
沈澱池整流壁の倒壊



写真-12.2
配管の破損



写真-12.3
S型継手の接合状況
(受口と白線の部分
だけ伸びている)

(2) 下 水 道

下水道施設は、西は明石市から東は大阪市、北は宝塚市、川西市まで広範囲に亘って大きな被害を受けた。

以下に、管渠と処理場・ポンプ場に分けて被害状況を報告する。

a) 管 渠

管渠は地下に埋設されているため、処理場・ポンプ場や他の都市施設と異なり被害が見えない場合が多く、かつ、倒壊した建物が道路をふさいでいることもあって、調査に手間どり現在も被害調査が継続されている。被害調査は地表面、マンホール内および管内を目視で調査したうえ、被害個所についてTVカメラ調査を実施する方法が採られている。

現在までに報告されている代表的な被害は次の通りである。

① マンホール部の被害

イ. 蓋のズレ (図12.1)

ロ. 円形ブロックのズレ (図12.2)

ハ. 継ぎ目からの浸水 (図12.2)

ニ. マンホールと管渠の接合部のズレ (大阪市ではヒューム管において40cmの突出が報告されている)(図12.3)

② 管 渠 の 被 害

イ. 管軸方向の亀裂 (図12.4)

ロ. 管円周方向の亀裂 (図12.5)

ハ. ボックスカルバートの亀裂

ニ. 塩ビ管のたるみ (図12.6)

ホ. 護岸付近の吐口の破損

③ 取付管、排水設備の被害

イ. 取付管に陶管を使用している場合、曲線部と本管との取付け部にズレや亀裂が多く認められている。

ロ. 汚水桝はコンクリート製の方が塩ビに比べて、接続箇所において、引き抜け等の被害がでている。

④ 被 害 の 特 徴

釧路沖地震と北海道南西沖地震においては、管渠が鉛直方法に浮上する現象が沈下や蛇行といった現象より際立って卓越していたが、今回の兵庫県南部地震では、浮上現象はあまり見られないようである。

b) 処理場・ポンプ場

① 処 理 場

兵庫県南部沖地震の被災地では102か所の施設が稼働しているが、そのうち43の施設で被害が報告されている。なかでも表12.1に示す8処理場では処理能力に影響が出るほどの深刻な被害を出した。

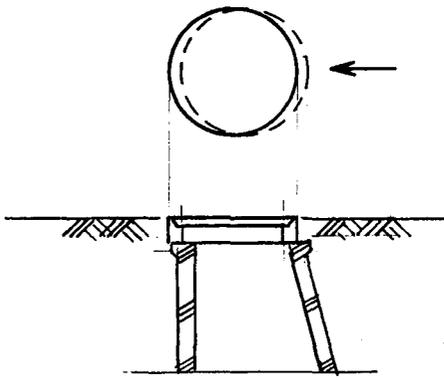


図-12.1 蓋のズレ

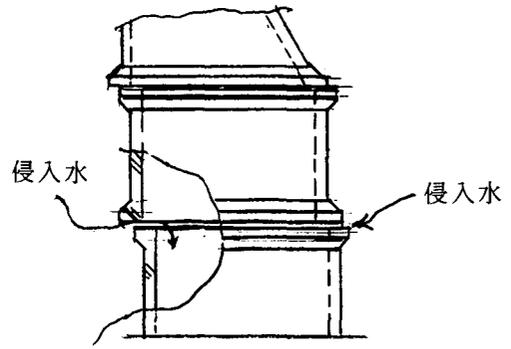


図-12.1 円形ブロックのズレ
継ぎ目からの浸水

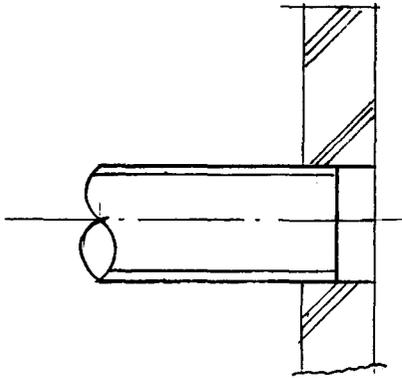


図-12.3 マンホールと管渠の接合部のズレ

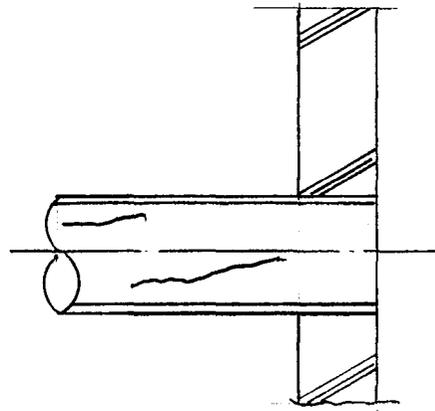


図-12.4 管軸方向の亀裂

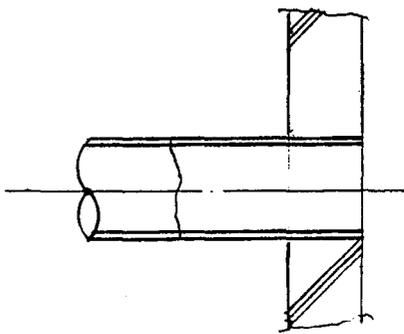


図-12.5 管円周方向の亀裂

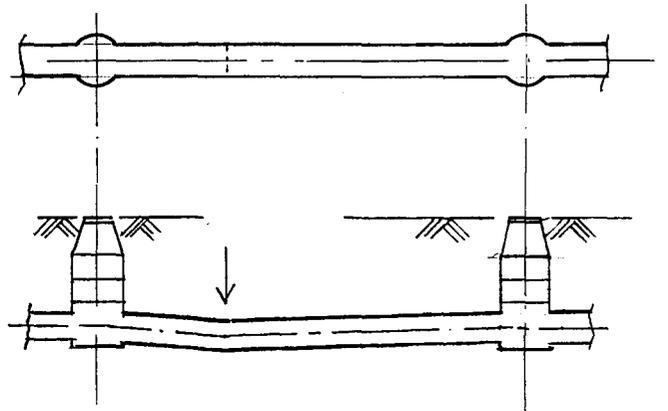


図-12.6 塩ビ管のたるみ

〔表-12.1 処理能力に影響が出た処理場〕

都市名	施設名	主な被害	復旧状況
神戸市	東灘処理場	<ul style="list-style-type: none"> ・導水管破損 ・最初沈澱池流入管継手部破断 ・水処理施設損傷 ・管理棟沈下、傾斜 ・脱水機棟沈下、傾斜 	<ul style="list-style-type: none"> ・仮設沈澱池を築造し凝集沈澱処理を実施中
	中部処理場	<ul style="list-style-type: none"> ・水処理設備損傷 	<ul style="list-style-type: none"> ・1月24日仮復旧
	西部処理場	<ul style="list-style-type: none"> ・管廊継手部破断 ・地下ポンプ室浸水 ・放流渠継手部破断 	<ul style="list-style-type: none"> ・1月24日仮復旧
芦屋市	芦屋下水処理場	<ul style="list-style-type: none"> ・最初沈澱池流入管破断 ・放流渠継手部破断 	<ul style="list-style-type: none"> ・1月30日仮復旧
西宮市	枝川浄化センター	<ul style="list-style-type: none"> ・放流渠継手部破断 ・管廊への浸水 ・沈砂掻揚げ機損傷 ・消化槽損傷 	<ul style="list-style-type: none"> ・1月22日仮復旧
尼崎市	東部第一浄化センター	<ul style="list-style-type: none"> ・汚泥掻寄せ機脱落 	<ul style="list-style-type: none"> ・2月2日仮復旧
	東部第二浄化センター	<ul style="list-style-type: none"> ・最終沈澱地への送水管破断 	<ul style="list-style-type: none"> ・1月25日仮復旧
兵庫県	武庫川上流浄化センター	<ul style="list-style-type: none"> ・汚泥掻寄せ機脱落 	<ul style="list-style-type: none"> ・1月21日仮復旧

特に、東灘処理場においては、処理場のある島（埋立地）全体がほぼ50cm沈下したうえ、護岸が海側に2m程度せり出し、背面の地盤が大きく変状したため、護岸近辺の施設に大きな被害が出た。それらのなかで、代表的なものを写真12.4～12.8に紹介する。また、水処理施設では継手部の破損が多く見られた。（写真-12.9、12.10）

更に、設備関係の被害として、他の処理場でも報告のあった汚泥掻寄せ機の脱落を写真12.11に、配管の損傷を写真12.12に紹介する。

② ポンプ場

ポンプ場では、処理場と同じような駆体の亀裂や放流渠の継手部の損傷などの被害があったが、ポンプ場特有の被害としては、7ヶ所のポンプ場で大口径の雨水ポンプや二床式ポンプにおいて、ポンプの芯のズレが報告されている。



写真-12.4 左岸の護岸が運河側に大きく移動した。
右岸の護岸は数10cmの移動があった。



写真-12.5
護岸移動に伴う階段
基礎の破断および大
きく崩れた配管



写真-12.6
管理棟（階段棟の
右側の建物が約40
cm沈下している）

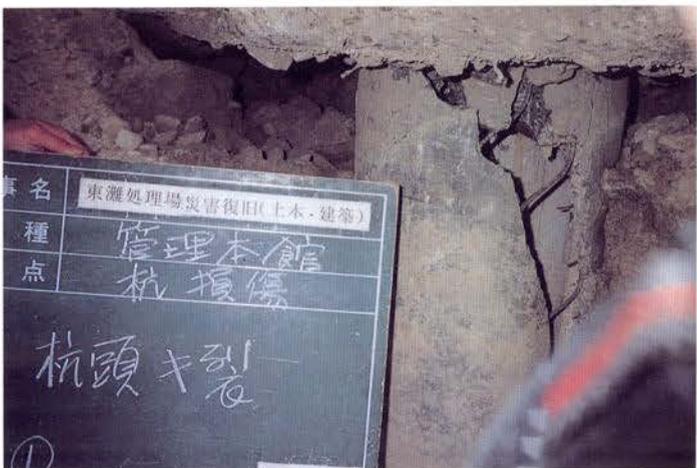


写真-12.7
管理棟の杭の破損



写真-12.8

最初沈澱池流入渠の継手部の破断。護岸の移動にともない地盤が変状し流入渠の側壁およびスラブが露出している



写真-12.9

水処理施設の継手の破断
17cmの（最大17cmの開き）



写真-12.10

水処理施設の継手部の
水平のズレ



写真-12.11

最終沈澱池汚泥掻寄せ機の脱落



写真-12.12

可撓性継手の破損
許容沈下量以上の
沈下があった。

(3) 電力施設

a) 被害の状況

今回の地震では、電力設備にも大きな被害をもたらした。

電力設備は、震度Ⅴに対しては充分耐えうるように設計されている。しかし、今回は震度Ⅵ、Ⅶの地震が市街地を襲ったため大きな被害が発生した。土砂崩れ、地盤変動、地震断層、地割れ、液状化現象等により火力発電所、変電所、架空・地中送電線路、配電線路に被害があった。

地震発生後、神戸市、尼崎市、伊丹市、西宮市、宝塚市、芦屋市、大阪市西部にわたり広範囲の停電が発生し、約100万所帯に達した。今回の停電は、十勝沖地震と並ぶ大規模なものとなった。被害概要は次表に示す通りである。今後、被害状況をそれぞれの部門で集約し地震災害対策が確立されるものと思われる。

設備名	被害状況	備考
火力発電所	10カ所	ボイラーチューブ漏れ、液状化による地盤陥没のため建屋、機器基盤、タンク基礎の露出、配管の曲がり
変電所	187kV系 10カ所	主要変圧器のアンカーボルト破断、遮断器のプッシング心ずれ、断路器の支持がい子破損
	154kV系 6カ所	
	77kV系 34カ所	
送電線路	275kV系 4線路	架空送電線では地滑り、地割れ等による支持物損傷、地中送電線では液状化・道路陥没等により管路が損壊し、またケーブル専用橋が倒壊。これらに伴いケーブルが損傷
	154kV系 13線路	
	77kV系 101線路	
配電線路	649回線	
保安通信線路	76回線	通信ケーブル断線

b) 復旧

関西電力では、1月17日に本店及び関係支店に非常対策本部を設置し、配電線の復旧では全国の電力6社より応援を得て、関西電力社員及び協力会社社員合わせて最大時4,700人体制で復旧に当たり、1月23日15時に復旧した。



写真-12.13
火力発電所燃料タンク
の被害
地盤が陥没している。



写真-12.14
避雷器の切損 (275KV)



写真-12.15
主要変圧器のアンカー
ボルトの切断

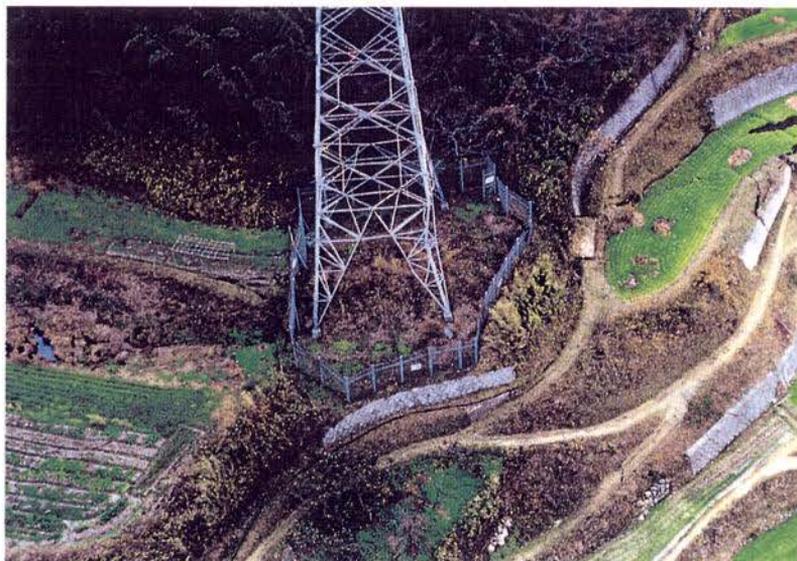


写真-12.16
地震断層上の鉄塔の被害
主部材が座屈している。



写真-12.17
ケーブル専用橋の倒壊

第 13 章 工学的観点からの被害に対する考察

(1) 総 論

1995年1月17日、5時46分に発生した「平成7年 兵庫県南部地震」は気象庁から当初、震度Ⅵと発表されたが、その後20日に震度Ⅶに修正された。震度Ⅶは1948年の福井地震がそれまでの震災に比較して被害が大きいことから1949年に設定されたものであり、今回の地震はそれ以来2度目の記録であった。

更に、都市直下型の大地震であり、基幹的な社会基盤施設である高速道路、鉄道港湾、施設等の交通大動脈や、上下水道、電気、ガス、電話等のライフラインの損傷及び、家屋や公共建築物等が多く倒壊したり崩壊して、死者 5,500人を超える極めて甚大な震災であった。

今回の震災後の救助・救援については、国及び地方自治体の防災システムに対する甘さを指摘する意見もあるが、建設コンサルタントの立場から以下に工学的な観点からの被害に対する考察を行うことにする。

a) 防災幹線交通ネットワーク整備の必要性

震災後、火災が発生し倒壊家屋に挟まれて焼死した被災者の救助ができなかったことの要因として、道路の機能麻痺、消火水の不足、ヘリコプター発着スペース確保の遅れ等が言われているが、救助、救援の人材及び物資の緊急輸送には、陸・海・空の交通ネットワークの整備を行い、相互補完的な多重手段の構築が必要である。

神戸港には一部分耐震構造の岸壁があり、他の岸壁は使用不能となったが、耐震構造岸壁は被害が少なく使用できた。その岸壁が救援活動に果たした役割は非常に大きい。このことから、島国である我が国は約4000ヶ所の港湾及び漁港を防災上、有効に機能するように、拠点となる港を選定して改修することが望まれる。

港湾岸壁が正常に機能し、救援物資が大量に陸揚げされたが、陸上の道路は機能が麻痺していた。その影響で、国民の善意による救援物資が被災者に届くまでに時間がかかりすぎるという不満の声が大きくなった。その緊急対策としては、道路の交通規制を早期に実施することが必要であったと思われる。なお、将来的対策としては、重要な幹線道路及び鉄道は耐震性を高めるとともに、災害時にも交通が確保できるように整備することが望まれる。

負傷者の緊急輸送には、自衛隊のヘリコプターによる救助活動が最も有効である。その活動を支援するためには、災害時における緊急用ヘリコプター発着場所を平常時から確保しておく必要があると思われる。

b) 防災安全拠点の必要性

公園、緑地、駅前広場、広幅員道路、校庭、河川等のオープンスペースは、火災延焼防止に有効であることが実証された。また、公園、緑地、校庭などは住民の避難場所として使用されており、都市災害発生時における役割の大きさが再確認された。今後の防災都市計画には、これらのオープンスペースを効率良く設置する必要がある。

公園や駅前広場の地下には駐車場を設置して街路交通の円滑化を図ること。公園や校庭の地下には雨水の貯水槽を設置して防火用水として活用し、地上は緊急時のヘリコプターの発着地としての活用、平常時の公園は緑豊かなうらおいのある快適なスペースとして市民が日常に利用する施設であることが望まれる。

ライフラインを確保するためには、幹線共同溝の設置が望まれる。

c) 耐震構造物の設計について

① 活断層と構造物の設置場所

ダムの設置場所は活断層を避けるために慎重な調査を実施しているが、線状の道路や鉄道はできるだけ活断層を避ける努力はしているが、完全に避けることは不可能である。また、都市内においては活断層の位置を確認することが技術的にも困難である。今後、活断層を確認する技術の開発が期待される。

② 地中構造物は地震に対して強いと言う伝説の嘘

地中構造物は地盤と同一振動をするため、地上構造物のように地震力の影響を受けないと言うことが信じられていたが、開削工法による地下鉄停車場の中間壁式柱が崩壊した。崩壊の原因は、せん断破壊が先行し、後に鉛直荷重による鉄筋の座屈によると言う説もあるが、ラーメン構造の施工法及び側壁外側土砂の埋戻し工法などとの関係を調査する必要がある。

③ 鉄筋コンクリートの配筋に関する適正化

橋脚柱の主鉄筋段落し位置やコンクリート打継目に対する配筋、円形脚柱のフープ筋の量が少なく、かつ重ね継手のものが多くフープ筋としての役割を果たしていない配筋、壁式橋脚に対しては配力筋が組立筋の役割しかしていない配筋、更に帯鉄筋としての役割をする配筋が無いものが多いなど、配筋に関する構造細目を再検討することが必要である。

④ 構造物被害の特色

民家では屋根の重い瓦屋根の古い2階建ての家は1階部分が倒壊し、その隣にある屋根の軽いツウバイフォーの家は被害が小さく使用可能なものが多く存在していることが特色である。ツウバイフォーの家は壁構造であること、鉄筋コンクリート布基礎にアンカーボルトで強固に固定していることによって、せん断耐力が大きいために被害が小さく収まったものと思われる。

同様に、阪神高速道路の橋脚が崩壊している場所の近くにある横断歩道橋は被害が小さい。また、交差点部の高架橋のスパンは大きくなるため、3径間連続桁の中央径間を交差点部に位置するように設計されている。したがって、交差点部の橋脚に作用する死荷重反力は、等径間部の橋脚反力に比べて大きくなる。その影響と思われるように交差点部の橋脚の損傷は他の橋脚に比べて甚大である。

その他の原因として、使用材料、施工技術、設計の考え方等が考えられる。

今後は構造形式による耐震性能の比較を行ない、耐震性と経済性に優れた構造形式を検討する必要性を痛感しているところである。

⑤ 設計震度の考え方

今回の地震による設計水平震度は1.0と言われている。現在の道路橋示方書によると標準水平震度は0.2であることから、現設計値の約5倍と言うことになる。

そこで、設計水平震度を1.0で設計することになると、建設費や補強工事費は膨大な金額となるであろう。したがって、今後の設計において使用目的とその重要性を考慮して、地震応答解析を行い技術的、行政上の高度な判断が必要となるであろうと思われる。建設コンサルタントの我々は、より合理的な地震応答解析が可能となる技術の研鑽に努めることが必要である。

なお、以下には各専門部門毎に考慮することにする。

(2) 災害時の道路交通

兵庫県南部地震の発生直後の阪神地域における道路交通は、被害に対する情報の不足に加え、被災者の避難、救援物資の運搬などの新たな交通需要のため、かつてない混乱に陥っていた。筆者が参加した一般国道2号の安全点検調査の際に目にした震災1週間後の道路交通状況は以下のとおりであった。

北六甲の箕谷から鉄道で新神戸駅に出ると、市内は地震後1週間後にもかかわらず消防車、救急車等の緊急車両のサイレンや取材・救援関係のヘリコプターの轟音が交じり、騒然とした状況であった。さらに三宮駅を南下し、国道2号の京橋から西へ向かった。この区間の国道2号は、上部を高架構造の阪神高速道路神戸線が通過しているが、京橋ランプ付近で桁の落下、橋脚のせん断破壊など甚大な被害があったため、高架下は部分的に通行が制限されていた。ただし、対面2車線の通行は、倒壊の危険個所を避けて確保されていた。

国道2号は、すでに緊急車両以外の通行が阪神間で制限されていた。しかし、現場で見ると、緊急車両の許可証を表示した業務車両、市民の足代わりのタクシー、被災者の移動のための自家用車や、救援物資の運搬車両、緊急復旧のための工事用車両などにより大渋滞になっていた。このため、サイレンを鳴らし、現場や病院等に急行している緊急車両が、全く進めない状況であった。スムーズに移動しているのは、これらの車の脇をすり抜けているバイクや自転車だけであった。この渋滞にさらに拍車をかけていたのが交通信号機と道路情報板の機能停止であった。主要な交差点では交通警察官やボランティアと見られる交通誘導員が交通を捌くため、手動制御をしていた。しかし、交通事故を防ぐのが精いっぱいの様子であり、交通を制御するような体制にはなっていないようであった。

その後、災害復旧が進むにつれ、路線バスや鉄道代替バス等が市民の足を受け持ち、その円滑な運行を確保するためバス専用レーンが設置されたり、国道43号と2号を復興物資輸送ルートと生活・復興関連物資輸送ルートに分ける通行制限が実施された。道路情報についても、マスコミによる広報や情報板の機能回復により道路利用者へ状況の衆知がはかられ、震災直後の交通の混乱は幾分解消されていった。

地震直後の道路交通の混乱は、大規模災害時の道路交通の運用を考える上で多くの教訓を残したといえる。それらを列挙すると以下のようなものである。

第一に、道路の被害状況を迅速に把握することである。迂回路の設定や適切な交通誘導のためには、被害状況の迅速かつ正確な把握が必須の条件となる。第二に、災害後に発生する交通需要の把握である。阪神・淡路大震災では、被災者の避難、緊急活動、緊急物資の運搬、さらには応急復旧、復興のための資材運搬など平常時とは異なる交通需要が発生し、かつその需要は復旧の段階に応じて変化した。災害時にはまず、緊急車両の通行路を確保することが先決である。さらに、適切な交通対策を考える上では、事態の推移と共に生ずる需要の変化を予測することが重要である。第三に、災害時に有効な交通管理手法のメニューを用意しておくことである。平常時の渋滞対策は、近年注目されてきた交通需要管理を含めて多方面で調査研究や実験がなされ、その適用性や課題が明らかになりつつある。今回の地震で採用された優先レーンもそのひとつであり、他にも適用可能な手法も含めあらかじめこのようなメニューを整理し、被害状況に適応した対策を選択できるように準備することが必要であろう。このため混乱した状況のもとでも適切な判断ができるよう、利用可能な道路と道路網および容量をもとに、各種対策による影響や啓開道路の優先順位などを評価できるシミュレーションモデルの開発も重要である。第四に、正確、迅速な道路・交通情報の提供である。

混乱時のため正確な情報を入手、収集することやその処理、および提供手段についても平常時とは大きく異なったシステムが必要になる。

住宅や都市インフラの復興はまだ緒についたばかりである。今後は長期にわたる震災復興事業が展開されるであろう。人流や物流は、分断された交通ネットワークの復旧に応じて大きく変化するであろうし、瓦礫や復興資材等の運搬のために新たに生ずる交通需要は都市交通に様々な影響をもたらすであろう。道路交通の技術者は、総力を挙げてこれまで蓄えてきた知識や知恵を絞り、被災地の交通問題に取り組んでいくことが必要と考える。



阪神高速道路の落橋現場の脇では国道2号が2車線に規制され、大渋滞となっていた。

写真-13.1 国道2号京橋付近の渋滞状況



交通信号が作動しないため、合流箇所では無秩序な割り込みが起こり、身動きさえとれなかった。

写真-13.2 国道2号七宮付近の合流部の状況

(3) 道 路 橋

関東地震以来、土木構造物の耐震設計は震害から学びながら発展してきたと言えよう。

今回の兵庫県南部地震は、土木構造物に与えた被害が大きただけに学ぶところも多いと思われる。これは今後の調査、解析によって次第に明らかになってくるであろうが、被害構造物の外観調査だけからも教わるところが多い。そのうちいくつかの事項について気の付いたことを述べ、今後の耐震設計に少しでも役に立たせたいと思う。

a) RC橋脚、柱の帯鉄筋

RCの橋脚、柱の耐震性を向上させるためには、強さだけでなく靱性が必要である。靱性の強化には帯鉄筋の効果が大きいこと、もろい性格を持つせん断破壊を曲げ破壊に先行することを避けること等が内外の既往震害から認識されており、それが現行の道路橋、鉄道橋の設計示方書等に反映されていることは周知の通りである。

阪神高速、名神高速道路の被害はいずれも、昭和45年以前の古い基準によって設計された橋脚の震害であるが、このような実物断面における破壊は実験室で容易に再現できるものではなく改めて教えられることが多い。被害状況は橋脚の下端付近における曲げ破壊と、主鉄筋の中間定着（いわゆる断落し）付近における曲げ及びせん断破壊が主である。

帯鉄筋の間隔が広いこと、外周のフープ筋の継手が被りのコンクリートの剝離によって無効になり、フープ筋の役割を果たせずせん断に対して帯鉄筋が効いていないことが判る。また、大きな断面では中間にもせん断破壊面を貫通する中間帯鉄筋の必要性を痛感する。

帯鉄筋の柱軸方向の間隔と量、外周帯鉄筋の継手、大きな断面における中間帯鉄筋の必要性については、道路橋、鉄道橋の示方書にそれぞれ記述されており、これを新めて熟読して我々の設計に考慮すべきであるが、ここに参考までに日本の建築、諸外国の橋梁関係の帯鉄筋に関する設計標準を紹介する。これらの標準は帯鉄筋に関する限り、道路橋、鉄道橋の示方書より厳しいものになっている。

日本建築学会の高さ20m以下の建物のRC構造計算基準の帯鉄筋に関する内容は、鉄道構造物設計基準とはほぼ同じであり、中間帯鉄筋の使用を提案しているが、より高い建物例えば25m以上、31m以下の建物では柱の帯鉄筋は全層にわたり、スパイラル筋か溶接鉄筋（鉄筋の末端を重ね溶接した帯筋）とすることを定めている。

図13.1は、カルフォルニア州道路橋耐震設計（1990）で推奨している靱性柱の帯筋の配置でありこれによると矩形型タイでは、主鉄筋間隔が15cm以上の時は全ての主鉄筋をタイで結び、15cm以下の時は1本おきにタイで結ぶことになる。

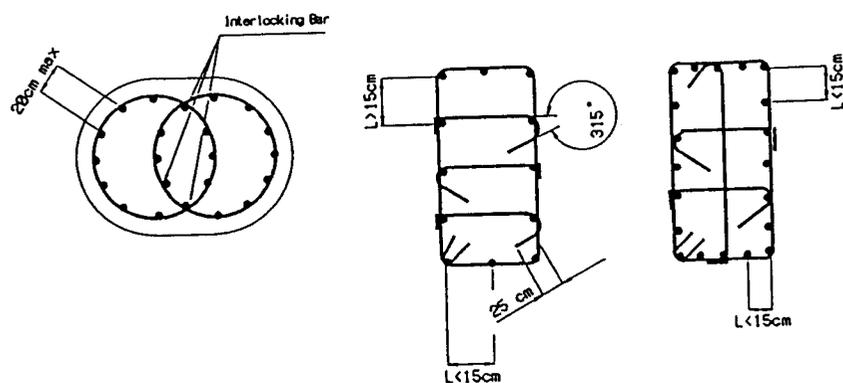


図 13.1 帯 鉄 筋

また、柱のせん断力は、曲げ体力に相当するせん断力の1.3倍以上とし、塑性ヒンジ部では有効高さを力方向の部材寸法の80%としてせん断耐力を計算している。

最近最終案が提示されたE Cの耐震基準（Euro Codc8）では、高度の靱性を要する柱では必ず中間タイを配置することとし、外周の帯鉄筋の内部への拘束タイの間隔は20cm以下としている。

このように橋脚の靱性確保のために厳しくしているのは、日本に比べると耐震性の検討に靱性の寄与率を大きくとっているためといえよう。

b) けたの落下

今までの地震に見られるけたの落下の要因としては、

- ① 地震による橋台の前方向への変位に伴って、けたが次々に押され隣接径間のけたが橋脚を踏み外して橋軸方向に落下する。
- ② 橋軸直角方向にけたが移動して落下する。（特に幅の狭い橋で生じやすい）
- ③ 基礎周辺の傾斜基盤が液状化などにより不安定化し、水平方向に変位しそれに伴い橋脚基礎も変位して、径間が開いて落下する。（例：新潟地震 東跨線橋）

などがあり、今回もそれぞれ1～2例ずつこの種の被害が見られた。

今回特筆すべきものとしては、斜橋の被害があげられよう。斜橋は一般に地震動によりけた両端で支承軸直角方向の力を受けて、図13.2(a)にみるように回転する傾向のあることが指摘されているが、今回落橋した中間支点ヒンジポストの3径間連続スラブの端部の落下方向はこの傾向にある。他にも斜橋で落下したり、橋台上でけたが変位した例が認められた。

また、曲線橋は曲線半径側に向かって変位する傾向があることが知られている。特に幅員の狭い場合、斜橋、曲線橋いずれの場合も落橋の危険性があり、適切な落橋防止工を施す必要がある。

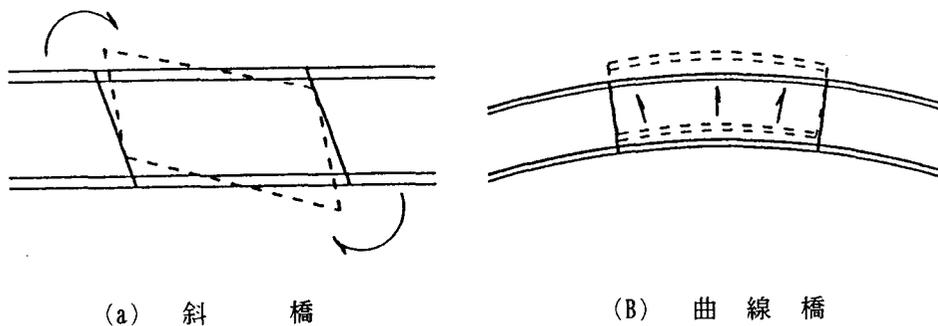


図13.2

カリフォルニア州橋梁部で1990年に発行した耐震設計の手引きには、このように地震時回転する傾向にある斜橋では、けた端で支承軸直角方向に作用する落下防止構（Restrainer）を設けるべきであると述べている。

その他、けたの橋脚からの落下に比べれば小規模であるがけたの支承からの落下、あるいははずれが多く見られた。このような被害を生じがたい点で長所のあるゴム支承の使用、支承から外れても落下量を最小におさえるため受台の設置等が検討されるべきであろう。

c) 被害をうけていない橋梁

阪神高速道路のRC橋脚が圧壊したり、鋼橋脚が座屈などの被害を受けている同一場所に設置されている横断歩道は被害を受けていないことに注目した。被害のない理由として次のことが考

えられる。

- ① 横断歩道橋の橋軸方向に地震水平力が作用したこと。
- ② 上部構造が軽量であったこと。
- ③ 橋脚が鋼管柱であったこと。
- ④ 横断歩道橋は上部構造の主桁と橋脚をボルトで定着しているため、設計では単純桁構造として計算しているが、実際は地震水平力をラーメン構造に近似の構造で負担したと考えられる。したがって、橋脚に作用する応力は地震水平力が設計値の約3倍であったとしても、実際に作用した応力は曲げモーメント、せん断力とともに設計計算応力の1.5倍以下になっていたと思われる。以上のように地震水平力の作用方向に不静定次数の高い構造物は耐震構造として有効であるといえる。

(4) 道 路

今回の震災では橋梁等の上空構造物が機能上の重大な被害を被ったにもかかわらず、道路土構造物・舗装は車を通すという最低機能は確保され、補修復旧により比較的早く交通の用に供している。これは、被災地に大きな盛土などの道路土構造物が少なかったこと、地盤が砂礫質で比較的安定していたことが理由であると推定される。特に被害の顕著な道路土構造物としては、ポートアイランドなどに見られた埋立土砂の液状化による地盤沈下、山麓造成地におけるのり面崩壊、建築物と道路と変位の差が建物境界に表れることによる歩道舗装の破損、橋脚などの杭打設構造物周辺での路面の浮き上がりなどである。

補修を前提としているアスファルト舗装は車を通すという最低の機能確保・復旧が早く、災害時にも問題が少ない構造と思われる。ただし、車道と歩道の間の縁石は破壊に対処できる新たな構造形式、地下埋設物については各企業者による震災に強い構造体の開発、擁壁については今後の調査に基づく、より安全な設計基準の検討、道路付属施設については電線類の地中化を進めるとともに安全基準の見直し、海岸埋立地については液状対策とともに不等沈下を起こしても道路機能を確保できる幅・空間の設置が今後望まれる。

また、道路トンネルにおいては覆工コンクリートのひびわれ、はく落などが一部に見られたものの、車両の走行に支障をきたすような被害は発生しなかった。

道路土構造物自体は他の構造体に比べ震災時の機能確保が容易であり、被災直後から救援物資の輸送路、緊急車両の通路、及び震災復旧資材の輸送路として重要な役割を果たした。道路は線で結ばれたネットワークで機能している事を考えると、震災に強い都市を形成するには家屋の倒壊等による機能阻害が生じないような広幅員の幹線道路の整備を進めるとともに、幹線道路は震災に強い構造としておく必要がある。

(5) 鉄 道

鉄道が受けた被害は軌道、電気、信号・通信、車両など多岐にわたるが、何といたっても構造物の損傷、崩壊が直接的に鉄道というライフラインを切断しネットワークを麻痺させた。中でも鉄筋コンクリート造の橋脚、高架橋などが大きな破壊を受けたことは、構造設計に携わるコンサルタンツの技術者にとって実に多くの課題を残したように思う。

鉄道構造物の特徴としては、列車の走行安全性と乗心地の良さを確保するために必要な剛性が求められることと、定型化された荷重が繰り返し作用することによる材料の疲労の問題があるが、い

ずれも耐震性能とは関係がない。従って鉄道構造物としての特別に必要な耐震性能はあり得ないが、強いて言えば同じ交通機関である道路に比べて1箇所ダメージをうけると代替となるべき迂回路の選択が難しく（被災時のネットワークの再構築などの問題はここではふれない）、特に高速大量輸送機関である新幹線では、一度中断すると社会的損失がすこぶる大きい。その分、重要度係数などで補って安全率を大きくする必要があろう。

不幸なことではあるが、耐震設計の技術は1923年の関東震災以後、大地震がおきる毎にこれをステップにして発達してきた。われわれはこうした貴重な経験を経て積上げられた技術を、最大限に生かさなければならない。構造物が地震の規模・種類に応じてどのような挙動をし、どのような履歴をたどるのかを出来る限り研究し、設計に生かすことが肝要である。また停車場構造物等で、計画の段階から土地の有効利用や工事費の節約のために、相当無理なレイアウトをし、バランスを欠いた構造物もあるが、安全でなければ無意味であることを知るべきである。

鉄筋コンクリートは鋼とコンクリートという力学的性質の異なる二つの材料を組合わせた複合材料であり、設計者はこのことを十分理解した上で、塑性域での部材の変形性能を確保してやるのが大事である。こうすることにより鉄筋コンクリートは優れた耐震的材料になり得る筈である。今回被災してダメージを受けた部材断面の破壊モードは様々であるが、いずれも実験室ではとても再現できない程の徹底したこわれ方であり、貴重な試験結果を入手したとも言える訳で、部材のじん性(ductility)を増すための効果的配筋方法を考えねばならない。

更に、今後開発が望まれる技術としては、一つは構造物の免震設計であり、他は被災後の復旧方法（診断と補強をシステム化した）である。前者についてはアクティブであれパッシブであれダンパーを用いた制震技術が主流となろう。また後者については急速施工の可能性、復旧後の耐力とじん性の保障とコストの関係などが重点となろう。

現在のコンサルタンツが行っている「構造設計」はルーチンワーク化され、電算化・標準化されており、ともすれば経験の少ない技術者が実施する傾向にあるようだが、地質・立地条件等を十分考慮して質の高い設計を行うことが、われわれが未来へ残す財産となり得るのではあるまいか。

先進国日本を代表する近代的都市において 5,500名を超す犠牲者を出した大地震を、出来ることならば最後のステップとして耐震設計を完成したいものではあるが、今回の被害の原因のすべてを説明することは不可能であろうし、自然は更に未知の部分のをぞかせるであろう。

(6) 地下構造物

a) 地下鉄

従来地下鉄は地震に対して強いと思われてきた。事実、今までの地震では被害がなく安全な施設であった。しかし、首都圏域など予知されていた最も危険な地域でなく、阪神地区において震源が非常に浅くしかも直下型の地震で不意をつかれた。被害は土被りの浅い開削トンネル部分に集中した。

建設現場が狭隘な我国では、地下鉄の建設費は掘削幅に比例して高くなるため、複線トンネルでは建築限界以外の施設を少しでも薄くする工夫がとられてきた。とくに中柱は矩形から線路方向に長くする長方形が一般的である。不幸にも今回の地震ではこの中柱に被害が集中した。コンクリート構造物は鉛直の圧縮力には極めて強いが、引張力に対しては鉄筋で補強され、水平力に対しても鉄筋で補強されている。今回は曲げ引張力と水平のせん断力に対してそのもろさが生じた。被害状況は地下構造物を多く抱える我国にとって豊富なデータを与えている。これらを分析

してとりわけ保有耐力を増す耐震構造細目を考えなければならない。

また地下鉄のトンネルは地震時において周囲の地盤と一緒に動くため、地盤から受ける影響は許容されると考えられてきたが、被害現場を見ると慣性力のほか周辺地盤の液状化、動水圧の影響も考えられる。

従って地下鉄トンネルの地震時保有耐力の強化を図るため、地盤の変位を考慮した解析や構造物の終局耐力などを含めた照査さらに施工面の改善等で未知の点を一つ一つつぶしていく努力が必要である。強化しなければならない技術としては年代を経た構造物の補強対策技術、建設現場の地盤性状や基盤の深さなどを複合的に見る質の高い設計の確立であり、今後これらを地道に行うことにより、耐久性のある財産を未来に残せるであろう。

b) 共同溝

一般に各種の地下構造物は一部を除き（神戸高速鉄道の地下鉄大開駅舎部など）地上構造物に比較して、その被害が比較的少ないと現在のところ報告されている。

本地域には、建設省管理の共同溝（尼ヶ崎・神戸など）を始め、神戸市管理（ポートアイランド接続部）や兵庫県管理（宝塚）の共同溝が多くが設置されている。しかしながら、全面的に供用中の箇所はまだ少なく、現段階で正確な被害状況やその安全性、確実性などにおいて言及することは、今後の詳細調査・分析を待たなくてはならない。

ただ、地中構造物としては比較的マッシブな構造を有する共同溝は、構造力学的にはほぼ現状の調査情報（前述）通りであろうと判断される。但し、機能面から見た共同溝の検証はライフラインシステムの一型式としての共同溝のあり方、更に技術的にはネットワークの問題、復旧のしやすさ、復旧時間など防災面での対応など、これを機会により一層の研究・検討が必要である。

地中構造物の構造解析上の所見（浅層構造と深層構造などの解析手法の検討など）を含め、機能面でのあり方など今後の詳細調査情報を受けて、分析・検討していかねばならないと思われる。

(7) 河川・海岸

六甲山系の表側から大阪湾に流入する河川のほとんどは、急流でかつ天井河川である。これらの河川は天井河川であっても、堤防天端巾は比較的広く、堀込河川の様相を呈している。

しかし全般的には、河道面積が小さいことから、流下能力増大のため、法勾配はきつく（約1：0.3～0.5）、法面は天端まで石積み或いは、コンクリートブロック積みで覆われている。

河川構造物の被害としては、これら石積み護岸、コンクリートブロック積み護岸の崩落が多く、床止め、樋管、堰、排水機場等の主要構造物の被害はほとんど見られなかった。

崩落箇所の大半は、旧護岸であり、近年、整備・施工された箇所での崩落はほとんどなく、これら旧護岸の崩落は、主に裏込めコンクリート等の劣化、貧配合によるものと考えられる。

一方、淀川、武庫川等、有堤化されている河川では、堤防の沈下、亀裂、はらみ出し、或は特殊堤の崩壊等の被害が発生したが、これらは砂質地盤の液状化と設計震度以上の地震力の影響が原因と思われる。

なお、堤防、特殊堤等に於いて、基礎に止水矢板、本体に鋼矢板・鋼管杭・タイロッド等を使用していた区間は、使用されていない区間に比して破損度は小さく、止水用矢板等が堤体の破壊防止に効果があったものと思われる。

今回の大震災によって、護岸の崩落、堤防の沈下、亀裂、はらみ出し等、我々、土木技術者にと

って今後の設計に生かすべき種々の課題が出現したが、特に重要度の高い地域については従来の耐震工法に加えて、スーパー堤防化などの検討が必要であるとする。

いずれにしろ、今回の震災事例及び近々提示されるであろう新耐震設計指針等を参考に、より安全で機能的な河川構造物の実現に努力することが必要である。

(8) ダム

今回の地震において、高さ15m以上のいわゆるダムでは、安全管理上、問題となるような大きな被害は発生しなかったが、高さ15m以下の小規模なため池や水道用堰堤では、決壊したものや、大きな被害を受けたものも見られた。特に直接断層上に築造された、ため池は、大きな被害があった。一方、断層に近接しているにも関わらず、直接堤体が載っていなかったため、わずかの被害でとどまっているため池も見られた。これらは、当然規模の大きなダムとは築造技術も異なり、同一には論じられないが、ダムの耐震性の検討において貴重な示唆を与えるものである。

ダムは重要構造物であり、その決壊は二次災害に直結するため、慎重な調査、設計、施工、管理が必要である。近年はダムサイトを選定するための地質調査の段階において、ダム付近の活断層調査は、必須の調査として実施されている。また、活断層が確認された場合には、ダムサイトを断層付近の地点には計画しないよう留意されている。

今回のような直下型地震に対して、今後ダムの構造物としての耐震性の検討が必要であると同時に、ダムサイトの位置選定の重要性についても再認識が必要である。

(9) 山地及び斜面

今回の阪神・淡路大震災では1月19日より現地調査に入り、その後23日から建設省砂防部の“現地調査緊急支援チーム派遣”に建設コンサルタント協会の総合地震災害対策チームの一員として参加した。この現地調査期間に大震災直後の人的、物質的さらには経済的な問題等をつぶさに体験できたことは技術者として得難い経験であった。

土石流・地すべり・急傾斜等の対策施設は土砂災害対策のみならず、地震の直接的被害（落石、崩壊等）の防除も含み実施されている。しかし、地震発生後は、山地または斜面の崩壊・亀裂・山地のゆるみ等が余震や降雨によりさらに拡大し、土石流・崖崩れ・地すべり等の危険性があるため二次災害の防災対策が極めて重要な問題である。

このたびの地震にあっては、表六甲山周辺の南斜面傾斜地の住宅地域は斜面崩壊・地すべりが発生する危険性の高い地域である。（活断層の周辺）二次災害防止のために、当面急傾斜対策工事または地すべり対策工事と並行して地元住民と警戒避難の施策を含めたハード、ソフト両面からの地域防災を進める必要がある。

これらの防災対策は、土地利用を配慮した市街地再開発事業・土地区画整理事業・公園事業との調整を取りながら実質的な住民参加の防災町づくりと調整しながら進めることが必要となる。

また、大震災による被害が神戸を中心に発生していることは事実であるが、長期的な視点で関西地区全体を考えた防災対策が必要となる。過去の大規模地震による二次災害は、震源地を中心とした周辺地域で、ある期間連続して、地域を変えて発生している。例えば、濃尾地震では岐阜県西北部一帯にその後4～5年間土砂災害が発生、また関東大震災では、神奈川県西部山間部に、新潟地震では新潟県中北部にその後2～3年間土砂災害が発生している。

関西地区の京都盆地、奈良盆地、大阪生駒山系等では活断層が数多く分布しており、今回大震災

の影響を受けた山地・斜面の地山がゆるみ、今後新たな崩壊や地すべりが発生し土石流や流木災害の可能性もあり、十分に警戒する必要がある。

10 港 湾

今回の兵庫県南部地震において、我が国の重要な拠点である神戸港と尼崎・西宮・芦屋港が港湾機能として壊滅的な被害を受けた。顕著な被災状況としては、防波堤の沈下、けい船岸の陥没と壁体の傾斜、護岸の倒壊、荷役機械（走行式コンテナ・クレーン）の転倒・傾斜ならびに臨港道路（荷捌ヤード含む）の決壊・液状化がみられた。

ここでは、けい船岸および護岸の被災状況を踏まえて以下の考察を試みる。

a) 設計震度と耐震強化バースについて

神戸港の今回の地震前の設計震度は管理者によって異なり、0.1、0.15、0.18が採択されていたが、復旧に対する震度は一様に0.2を中心とし、耐震バースは0.25とする方針になっている。耐震バースを多く設けることは望ましいが、その建設コストは大きく、当該バースの選定に当たっては荷役形態（特に今回の震災をふまえた緊急物質の揚陸等）ならびに臨港交通と連携した検討が必要と考える。

b) 重力式壁体の支持力の安全性について

神戸港の大型けい船岸の大半は地盤改良を床掘置換工法によるケーソン堤であり、被災状況は堤体が前傾し、背後の埋立土（裏込材含む）は陥没している。陥没はケーソンの前出とケーソン間からの土砂流出とみられる。

ケーソンの前傾は垂線に対し8度以上のものがあり、端趾圧の許容値を地震の鉛直震度のあり方と合わせて今後検討していくことが必要と考える。

c) 荷役機械への対応について

神戸港にあった50数台の走行式コンテナクレーンはすべて損傷を受けている。損傷は海・陸のレール間の水平変位差によるクレーン脚柱の開脚現象がほとんどである。

特に耐震強化バース上の荷役機械に対しては、この被災状況を踏まえ、海・陸のレール間の水平変位均一化が図れる構造体を検討していくことが必要と考える。

d) 液状化対策について

ポートアイランドおよび六甲アイランドの埋立地盤は液状化の発生の跡が確認されている。この液状化時の地盤内水位上昇とけい船岸（護岸）に作用する地震時土圧のピーク時には位相があると考えられるが、埋立地盤内での水位観測データがあれば、周辺構造物に与える残留水位のとり方をチェックしてみることも有意義と考える。

e) そ の 他

今回の直下型地震による被災状況を防波堤（第七防波堤、西宮防波堤）と大水深けい船岸について対比してみると、防波堤のケーソンは傾斜がほとんどなく、鉛直に沈下している。けい船岸のケーソンは前述のとおり前出し、沈下、傾斜が伴っている。

これから復旧工事が進み、けい船岸のケーソンを据え替えるため、一時、撤去する工法もあり、撤去時には以下は調査をして今後の設計に資することが必要と考える。

- ① ケーソン底面と基礎捨石の接面状況
- ② ケーソンの損傷の有無（特にフーチング）

(1) 都市施設

今回の震災は神戸という大都会で発生した為、近年にない被害をもたらした。予想をはるかに越えた震度の大きさではあるが、高密度の市街地の弱点をまざまざと見せつけたものとなった。幹線交通機関が神戸の地形から東西方向の国土縦貫の動脈がすべて狭い地域を通過してこの断絶が国土全体の経済活動に大きな影響を及ぼした。このような事態に対応できる体制を考えておく必要がある。しかし、大都市での被害はやはり相当の影響はまぬがれないであろう。高速道路の壊滅的被害に比べて平面街路は大部分交通可能であったことは不幸中の幸いであった。やはり重点的に地震に強い交通路を確保するよう考えておく必要がある。

住民にとって区画街路が倒壊家屋などのため通行不能になるので退路をふさがれないような住宅地内の区画割りを考えておく必要がある。

建築物に大きな被害があったが、これらは耐震基準の見直しによって強固な物に再建されるべきであるが、特に公共施設は災害時救援活動の拠点となるべきものである。今回の事例を教訓として対応策を考えてゆかなければならない。

商店街や住宅地は、地震による建物の倒壊ばかりでなく、引き続いて起こった火災によって、その被害は徹底したものとなっただけに、まことに悲惨な状況であった。その火災原因のなかに震災直後の送電が、切断箇所からの火災発生に結びついたものがあった。電気が日常生活に不可欠のエネルギーであるだけに複雑である。

火災については、地区の強力なリーダーの指示により、住民が消火活動に務め、火を消しとめたことは、災害時の地域住民の連帯の強さを示すものである。それにしても、火災に対しては初期消火が最も重要であり、そのためには、地区ごとの防火用水設備の必要性を強調したい。

公園は火災の延焼防止に役立つ外、住民の避難場所、救援物資の貯蔵配給、災害出動の基地等大小にかかわらず多様な役割をはたしている。今後もできるだけ増やしていくべきである。なお公園内の施設は最小限にして倒壊の恐れのあるものはさけたい。

焼失した市街地について面的整備を行う必要性は誰も考える事であり、当然やらなければならないが、被災した住民にとって二重の苦しみを与えることのないよう十分な配慮が望まれる。

(2) 上下水道施設

a) 上水道施設

ライフラインとしての水道施設が破壊されたために、通水のための仮復旧工事を先行させ、発生後2ヶ月あまり経ちやっと本格復旧、復興のための検討が緒についたところである。今後新しい指針・ガイドライン等が示されるであろうが、被害を通じ考慮すべき点を記すと以下の通りである。

① 基幹施設について

取水口を含め上流部施設の破壊は末端の断水復旧に多大の時間待ちを強いることになる。基幹施設については各施設の重要度を勘案して特に耐震性を強め設計、建設する必要がある。

② 消火用水

消火用水は水道サイドのみで解決される問題ではないが必要な時に必要量が得られるよう総合的な対策が望まれる。

③ 配管設計

構造物との境界部分や軟弱地盤箇所等管路被害の大きかった場所については配管設計時に管

種、（伸縮）継手の選定を含め更にきめ細かな配慮が必要であろう。

b) 下水道施設

今回の大震災における下水道施設の被害については、建設省が中心となり、釧路沖地震や北海道南西沖地震における被害を含めて、系統だった分析を行いつつあり、近く、緊急的に「耐震設計への提言」が発表されようとしている。

我々技術者は、発表される提言や従来の耐震マニュアル等を十分に理解し、日常業務で活用していかなければならない。具体的には、計画・設計時の評価項目に“耐震性”、“防災”といった項目を加えて評価をして、下水道システムが災害時においても確実に機能するような施設を実現していくことである。その上で、処理場の避難場所としての利用、処理水の再利用、雨水貯留水の利用など、防災に貢献する下水道システムを構築していくことが望まれていると言えよう。

今回の大地震では、処理場・ポンプ場における共通的な被害として駆体の継手部の破断があげられる。駆体の継手部にはほとんど全ての箇所において、止水板が採用されていた。これが破断し、ドライエリアが汚水や地下水により浸水し、放流渠では（液状化・側方流動現象が主原因であったが）継手部が開いて通水できず、機能停止に直結した被害となった。これに関しては、止水性を保持し、伸縮性を有する継手を積極的に採用していく必要がある。

“まさか近畿で大震災が”、“まさか消火用水がないとは”、“まさか護岸が動くとは”など今回の震災は“まさか”の大震災であったが、液状化や地盤沈下といった地盤の変状が激しければ激しいほど、下水道施設の被害の程度は広く拡がり、かつ深いものであったことから、今後は、液状化が予測される地盤にあっては、液状化対策を講じることが耐震設計上極めて有効である。

(13) 電力施設

今回の地震では、震度Ⅴの地域では大きな被害がなかったが、震度Ⅵ、Ⅶの地域に被害が集中しているが、致命的な被害はなかった。しかし、今後、経済性も考慮して、緩衝装置、保護システム等の検討が必要と思われる。また、建設省、土木学会等の設計基準及び建築基準法等の一部導入が必要であろう。

電力設備の種別毎に述べる。

- ① 火力設備：火力設備は震度Ⅵ程度の地震に耐えられる設計となっており、部分的な損傷はあるものの肝心の設備はしっかりしている。ただ、発電所構内の液状化現象に伴う地盤沈下によって基礎露出、配管損傷等の二次的な被害が発生した。
- ② 変電設備：震度Ⅵ、Ⅶの地域で鉛直振動、水平振動により変圧器と基礎を固定しているアンカーボルトが切断し変圧器が80cm移動した所があった。そのほか、遮断器、断路器等のがい子部分で被害があった。
- ③ 架空送電線：送電用支持物は従来から風荷重で設計されたものは、過去の地震による被害実績を基に、地震による荷重に対しても十分安全に耐えられるものとし、その検討が一般に省略されてきた。このためJEC-127では、地震荷重を定めていないが、特殊な鉄塔では、地震荷重が風荷重を上回ることがあるため、震度法により設計しておりその手法は建築基準法、同施行令、建設省告示（第1047号）に準じている。今回の地震では、被害を受けた支持物はいずれも地滑り、地割れ等による二次的な被害により支持物が損壊したものであり従来の手法で良いと思われる。
- ④ 地中送電線：液状化・道路陥没等により管路が損傷、またケーブル専用橋倒壊等によりケーブ

ルが損傷した。

- ⑤ 配電線：配電支持物にはコンクリートポールが使用されているが予想外の地震力、家屋倒壊、地盤変動等により倒壊、傾斜等の被害があった。また、地中配電線では、道路陥没、液状化等により管路が損傷しケーブルにも被害があった。これまでは景観重視の観点から、配電線の地中化が行われてきたが、今回の地震では地中線は被害を受けると復旧に時間がかかるので、架空線で応急復旧した。

第14章 協会員の支援行動記録

1月17日未明、兵庫県南部を震源とする都市直下型大地震が発生し、神戸市から宝塚市に至る地域が甚大な地震災害を被った。

我々建設コンサルタンツ協会員は、地震発生の当日から被災した事業者の協力要請に応じて、地震被害の状況調査と緊急の安全対策及び被災施設の復旧に技術的な支援を実施した。協力要請を受けた事業者先は建設省、運輸省、県市町村、公団、民間鉄道等であり、その支援技術者数の推移は図14.1に示すとおりであった。その支援技術者の総数は1月17日から3月16日迄の2ヵ月間で延32,500人となり、2月には毎日約800人が従事した。また2月15日の940人が最大となっていた。

支援会社数は図14.3に示すように約30社であった。

また、建設省河川局砂防部長及び兵庫県砂防課長から協会長に別紙のように礼状を頂いた。

なお、被害調査に従事した技術者は弁当、水を持参し、徒歩で調査したため大変な苦勞であった。ここに謝意を表します。

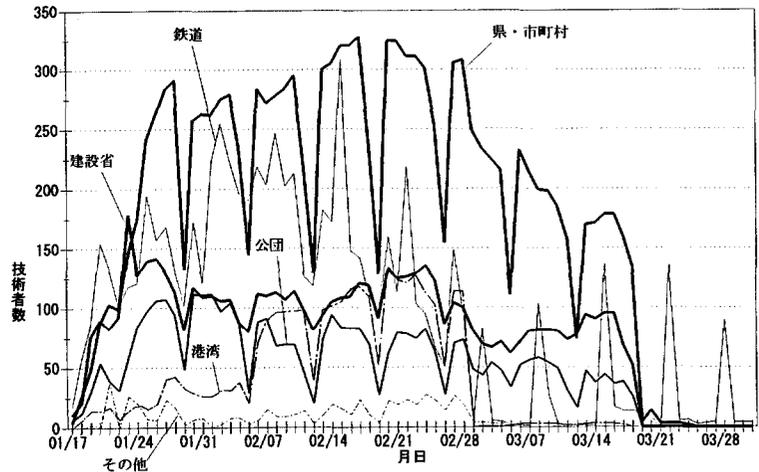


図-14.1 協会員の支援技術者

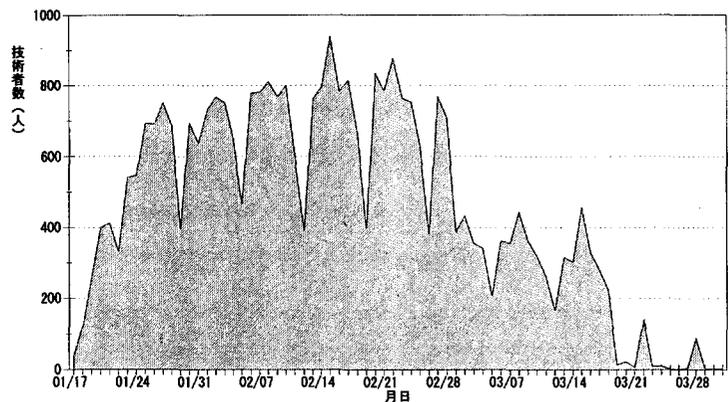


図-14.2 資格別支援技術者

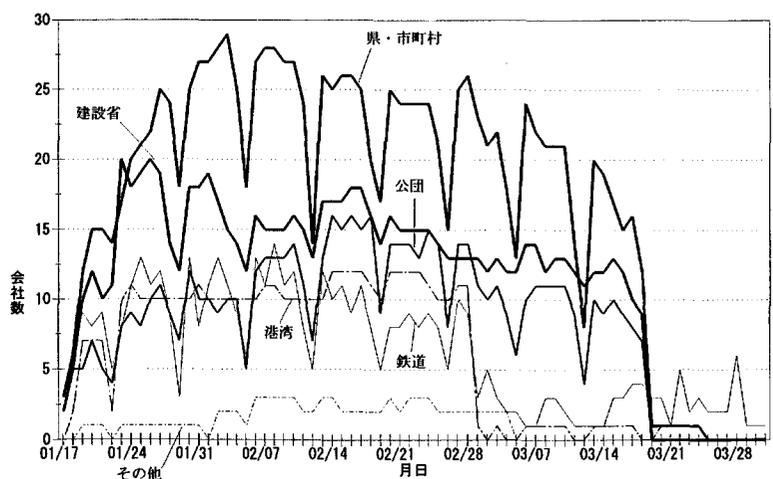


図-14.3 協会員の支援会社数

別紙①

平成7年1月22日

株式会社 社長殿
殿

社団法人 建設コンサルタンツ協会
総合地震災害対策本部長 黒田



兵庫県南部地震に伴う防災対策（土石流 急傾斜地すべり）
現地調査活動への協力（依頼）について

標記について建設省御当局（河川局 砂防部）の災害対策活動の技術的
援のため下記のとおり関係会社の専門家（2～3名）の派遣を依頼します。

記

日時 平成7年1月23日 15時 集合 第一陣 1週間程度

集合場所 建設省近畿地方建設局河川部河川計画課 神野専門官

作業範囲 兵庫県南部地震被災地区

現地調査は、総括リーダー 建設省砂防部 後藤 傾斜地保全課長補佐
(附)砂防・地すべり技術センター 安江 理事

の御指示によること。尚、宿泊場所については、各社において配慮を
お願い致します。

派遣出来るメンバーが決定しましたら、至急メンバー表と貴社の連絡窓
口を 国際航業 渡邊昌弘または安達伸一（TEL.03-3288-5705 FAX.03-3237
-0955）へお願い致します。また第一陣出発後であっても参加可能氏名と参
加可能日数をご連絡下さい。

以上

注 協会に於ける連絡先は下記の通り

財団法人 建設コンサルタンツ協会 現地対策本部（近畿支部）

対策本部長 丹原 一彦

〒540 大阪市中央区上町A12号 建設保証ビル6F

Tel 06-764-5891 FAX 06-764-5892

別紙②

平成7年2月28日

代表取締役社長 殿

㈱建設コンサルタン
会長 黒田 晃
(兵庫県南部地震災害総合対策本部長)



兵庫県南部地震に伴う防災対策（土石流、急傾斜、地すべり）
現地調査活動への協力（御礼）について

拝啓 時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます。

平素は、当協会活動に格別のご支援、ご協力を賜り、有り難うございます。

さて、今般の兵庫県南部地震災害発生時には、当協会は的確に対処するため、直ちに
1月20日付けで「兵庫県南部地震災害総合対策本部」を設置し、会員諸氏のご協力のも
とに迅速な救援活動を図ることとしておりました。早速、1月22日には、建設省河川局
砂防部から現地調査のための技術的応援の要請があり、当協会から関係会員にご連絡致
しましたところ、下記の14社、45名の参加のもと、現地に於いて、土砂災害の恐れのある
箇所の緊急点検等に從事し、無事完了することができました（1月23日から27日の
5日間）。

このたび、建設省河川局砂防部 大久保部長から別紙により「兵庫県南部地震地すべり
等緊急支援」への御礼の書状が参りましたので、この旨、参加企業の皆様へのご報告と、
併せて当協会と致しましても、皆様方のご支援、ご協力に対し、改めて御礼を申し上げます。

敬具

記

日時：平成7年1月23日から27日まで

集合場所：建設省近畿地方建設局 河川部 河川計画課

作業範囲：兵庫県南部地震被災地区

調査団長：建設省砂防部 保科 傾斜地保全課長

現地調査：総括リーダー 建設省砂防部 後藤 傾斜地保全課長補佐

(附)砂防・地すべり技術センター 安江 理事

参加者：建設省各地建 107名 各県土木部 103名

各財団関係 7名 建設コンサルタント 49名

合計 262名

参加会社： ㈱アイエヌエー アジア航測㈱ 応用地質㈱
㈱オオバ ㈱建設技術研究所 国際航業㈱
㈱コルバック 砂防エンジニアリング㈱ 住鉱コンサルタント㈱
大日本コンサルタント㈱ 日本工営㈱ ㈱バスコ
明治コンサルタント㈱ 八千代エンジニアリング㈱
14社 45名

以上

別紙③

平成7年2月9日

社団法人 建設コンサルタンツ協会
総合地震災害対策本部長 黒田 晃 殿

建設省 河川局
砂 防 部 

「兵庫県南部地震地すべり等緊急支援チーム」への
技術者派遣について（御礼）

謹啓 時下ますますご清祥のこととお慶び申し上げます。

ご承知のとおり、このたびの大地震により兵庫県南部において多くの土砂災害が発生しました。この地域には崩壊や地すべりの恐れのある箇所が多く、その後の余震、降雨による二次災害の発生が危惧されたことから、兵庫県の要請により建設省では貴協会をはじめ官民から技術者の応援を頂き、「兵庫県南部地震地すべり等緊急支援チーム」を結成して土砂災害の恐れのある箇所の緊急点検を去る1月22日から27日にかけて実施したところであります。

おかげさまで持ちまして、1、101箇所及び調査箇所の中から継続的な監視を必要とする71の危険箇所を抽出し、これらについては兵庫県土木部を通じて関係市町の災害対策本部に情報提供を行うとともに、必要な箇所については、直ちに応急措置を実施した旨の報告を受けております。今後とも引き続き各箇所について注意を払うとともに、地元県・市町とも連携を図りながら土砂災害の防止に万全を期して参りたいと考えております。

震災直後の非常に厳しい状況の中、事故もなく予定通りに当初の目的を果たし得たのは、ひとえに皆様方のご協力の賜であり、ここに厚く御礼を申し上げるとともに、今後とも引き続き砂防関係事業をはじめ、河川行政全般に対するご理解、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

貴職の一層のご健勝とご活躍をご祈念申し上げます。

謹 言

別紙④

各 位

早春の候、皆様におかれましては、ますますご清祥のこととお喜び申し上げます。

さて、1月17日、未明の街を突然襲った兵庫県南部地震。予測をはるかにこえる激震は、一瞬にして、多くのかけがえのない生命を奪い、私たちのふるさとを破壊してしまいました。肉親を亡くし、家財を失うという厳しい状況のなかで、懸命に再建への努力をされている多くの被災者や県民に対し、私たちの使命は各自の任務を確実に遂行することであると信じ、被災現場への救援活動は勿論のこと、被災状況の把握や二次災害防止対策に全力を注いでまいりましたが、特に地震により発生した土砂災害のなかで、砂防、地すべり、急傾斜事業として緊急に復旧を要する箇所の調査が必要でした。

電気、ガス、水道という、いわゆる生命線を絶たれ、交通機関の寸断、混乱が生じている極限の状況下の私たちにあって、何よりも心強く、また励まされたのは、建設本省、全地方建設局、各都道府県などから寄せられた温かいご支援の数々でありました。

なかでも、地すべり等二次災害防止のため、いち早く駆けつけていただいた建設省、近隣府県、コンサルタントの職員等で編成された延べ1、200名余の地すべり等緊急支援チームの方々により、神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市及び淡路島の地域で土砂災害の危険性のある約1、200箇所について、短期間で調査・点検が実施できましたことは、ひとえに、支援チームの方々の献身的な調査活動の賜物と感謝の言葉もありません。

調査の結果を受けて、国へ事業採択を要望いたしましたところAランク箇所から約30箇所が緊急事業として採択されましたし、また、二次災害の危険性の有無についての的確に判断できましたことにより、応急対策の実施が可能となり、被害の拡大や社会不安の増大を防止することができました。

しかしながら、これらの土砂災害危険箇所も調査後1ヶ月以上が過ぎ、余震、降雨による影響等も予測されることから、継続的な監視が必要であり、フォローアップのための再調査を実施し、二次災害防止に万全を期することに努めてまいりたいと思っております。

砂防課職員一同、これからは皆様のご厚志を糧に、心や街に刻まれた傷痕がどんなに深く辛くとも、ふるさと兵庫の復興を目指して力のかぎり頑張らねば、との思いをますます強くいたしております。

本来なら早速おうかがいしてお礼を申し上げるところ、心ならずも延び延びになり、まことに申し訳ございません。何とぞ寛容のほどお願い申し上げます。

最後になりましたが、皆様のご健康を祈念申し上げ、まずは書中をもってお礼申し上げます。

平成7年3月6日

兵庫県土木部砂防課長
渡 辺 行 雄

あ と が き

『今回の地震は、他に例が無いものではなく、我が日本でも、より大きいのがあり、他の土地でいよいよさうであるが、地震に伴ふ災害は、日本に前例のないばかりでなく、殆ど全世界に前例ないとしてよい。かかる大災害が起るとは、極めて少数の人を除き、全く考え及ばなんだのに不思議はない。

明治維新以後、市區改正をはじめ、建築上に、耐震耐火に注意し、再び安政二年の震災の如きを見ないと信じたのに、地震の程度ほぼ當時と同じく、災害の及ぶ処、死傷者より計算し、畜に十倍どころの話でない。大正年間に、かかる現象あること、誰が想像したか。之に就ては、一應人智の及ぶところ、甚だ狭いと認めねばならぬ。維新以後、長足の進歩を遂げ、文明の設備も、舊幕時代と比ぶべくもないと見え、幾階の高桜を指し帝都の誇りとしたが、安政位の地震で、見渡す限り焼跡となり、仲秋の月も、焼跡より出て焼跡に入るといふ状態である。これと云ふのも、前にそれぞれ用心し、後に耐震耐火で丈夫と思ひ、井戸をつぶし、火除地を除いたのに因ることが多い。今少しその辺を考へ、設備を整へたならば、大災害を幾分一に止め得たであらう。……………」(原文通り)

これは関東大震災発生から僅か30日後に講談社から発行された300頁に及ぶ報告書「大正大震災大火災」の「序」に三宅雄二郎文学博士が記述した文の一部です。今回の阪神・淡路大震災を受けて、多くの識者が前述の序文と同様な意味の文章を發表されています。自然からの大災害はどの時代に発生してもその質こそ異なるものの、人間の力の限界を超えて繰り返されるものかと強く痛感しました。

建設コンサルタンツ協会員は、各社とも早期に災害緊急対策への支援体制を整え、諸官公庁等の要請に応じて現地に出向し、積極的な行動を実施しました。特に余震などを含めた2次災害に対処するため、専門技術者による即応体制で、被災構造物の診断を行い当局に報告しました。

今回の地震は典型的な直下型地震で、しかも各所で800galを超す加速度が観測されている状態を考えると、構造物の設計時に考えた耐震設計基準値の3倍を超す地震力が作用したものと想定されます。したがって構造物に相当な損傷が生ずるのは当然といえますが、一部に発生した完全な崩壊を目前にしたショックは今なお消えることはありません。

安全な構造物にするためには相応なコストがかかり、その負担は国民一人一人が負わねばなりません。そのことを十分理解し、安全のレベルを設定する必要があると考えます。我々は、今回の地震による様々な教訓を生かし、安全で快適な公共施設の建設に向けて一層の研鑽をすることが建設コンサルタントの責務であると認識しています。

本報告書は被害の調査報告として網羅的に、しかも限られた紙面に写真を中心にしてまとめました。整理が不十分なこと、また統一性に欠ける面もありますがお許しを願います。

最後に多くの犠牲者の方々に心から冥福をお祈りし、また今なお不自由な生活を続けられている被災者の皆様にお見舞申し上げます。

理事・業務部会長 清野 茂次

編集者名簿

報告書作成にあたり、編集・執筆者は下表のとうりであるが、資料・写真等については業務委員会の各専門委員会委員各位及び近畿支部の協力によるものであり、表紙等の航空写真については国際航業(株)・アジア航測(株)の好意による提供であります。ここに感謝の意を表します。なお、各委員が持ち寄った写真は膨大な量となりましたが、その内容は類似したものでありました。したがって写真提供の会社名は省略することとしました。

	編集・執筆者氏名
総括長	森木誠治
第1・2章	橋場 孝、天国邦博
第3章	市川弘一、大浦正昭
第4章	安達伸一、五十嵐朝太郎
第5章	岩橋洋一、峰 健二、山田裕一、田中隆一郎
第6章	岩橋洋一、堀江清一、島田芳久
第7章	松本和生、東 正人、小野恵三
第8章	工藤 正、石井秀紀、竹村英雄
第9章	渡邊昌弘、杉本 隆、安東利吉
第10章	後藤健治、金子浩士、山内 勲、遠藤秀正
第11章	三品武司、長崎美代喜
第12章	榑 文宏、馬淵敏治、谷河正也
第13章	森木誠治、辻 光弘、市川弘一、吉野洋志、長井士郎、宮田宗彦、島田芳久、上林好之、工藤 正、渡邊昌弘、小松健治、三品武司、榑 文宏、馬淵敏治、谷河正也
第14章	森木誠治、鳥羽 浩、渡邊昌弘、岩橋洋一、後藤健治
協力委員会等	近畿支部 道路構造物専門委員会 道路専門委員会 鉄道専門委員会 河川構造物委員会 ダム・発電専門委員会 砂防・急傾斜専門委員会 港湾専門委員会 都市計画専門委員会 交通・安全専門委員会

表紙並びにグラビア写真の説明文

○ **表紙説明**

地震による火災の黒煙につつまれる神戸市街地。
手前は建設中の明石海峡大橋。(1月17日 14時撮影)

○ **裏表紙説明**

今回の地震で確認された、淡路島北淡町の断層亀裂のひとつ。
亀裂が民家を縦断している。

社
法
人

建設コンサルタンツ協会

東京都千代田区九段南2-2-4

TEL.03-3239-7992(代)

FAX.03-3239-1869

