

I S S N · 0386—5878

土木研究所資料第3362号

土 木 研 究 所 資 料

平成7年兵庫県南部地震
土木研究所被害調査速報

平成7年3月

建設省土木研究所

Copyright ©1995 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

平成 7 年兵庫県南部地震 土木研究所被害調査速報

建設省土木研究所
(編集：企画部企画課)

要 旨

本報告書は、平成 7 年兵庫県南部地震による公共土木施設の被害状況について、土木研究所被害調査団の調査結果を速報的にとりまとめたものである。

キーワード：平成 7 年兵庫県南部地震、地震被害、公共土木施設、道路施設、河川施設、ダム施設、砂防施設、下水道施設、地下構造物

まえがき

平成7年1月17日の早朝に発生した兵庫県南部地震は、家屋や各種構造物に大きな被害を与え、多くの人命を奪い去りました。また、道路、河川、ダム、砂防など公共土木施設の被害や、下水道などライフライン施設の寸断は、被災者救済の大きな障害となっております。土木研究所では、地震発生日に即刻「平成7年兵庫県南部地震 地震対策本部」を設置するとともに、地震直後の被害状況を把握し、その原因を究明するため、土木関連の各分野の調査団を現地に派遣致しました。本報告は、これら緊急調査団の調査活動を通じて現時点までに得られた知見を速報としてとりまとめたものです。今後、これらの調査結果をさらに詳細に分析し、復旧対策及び地震防災対策に資する所存であります。

この大震災により亡くなられた方々にお悔やみを申し上げますとともに、被災された方々に心からお見舞い申し上げます。また、被災直後の厳しい状況にもかかわらず、当所調査団にご協力頂いた方々にこの場をかりて感謝致します。

平成7年3月

建設省土木研究所長
飯 島 尚

目 次

まえがき

序.....1

第1章 地震及び被害の概要.....2

第2章 地質の特徴.....4

第3章 施設被害の概要..... 46

3－1 道路施設等の被害..... 46

3－2 河川施設の被害..... 60

3－3 ダム施設の変状..... 68

3－4 砂防施設の被害..... 85

3－5 下水道施設の被害..... 93

3－6 材料施工関係の被害..... 98

3－7 地下構造物の被害.....101

あとがき

序

平成7年1月17日午前5時46分、淡路島の北端を震源として発生した兵庫県南部地震は、神戸市を中心に多大な被害を引き起こした。建築物の倒壊や市街地火災により多くの貴重な人命が失われるとともに、各種公共土木施設にも甚大な被害が生じた。

土木研究所では、1月17日付けて所内に災害対策本部（本部長：中岡研究調整官）を設置するとともに、ただちに緊急調査団を現地に派遣して被害の緊急調査を実施した。本報告書は、兵庫県南部地震による公共土木施設の被害状況について、現段階までに明らかにされた事項を速報的にとりまとめたものである。

土木研究所が実施した現地調査の概要は、以下の通りである。

【調査の目的】

公共土木施設の種類ごとに被害状況を網羅的に把握し、復旧事業に緊急に必要なとされる調査項目の検討・実施に資する。また、土木研究所における今後の調査・研究の基本方針を策定するための資料を得る。

【調査期間及び調査人数】

調査期間：平成7年1月17日（火）～3月2日（木）

調査人数：延べ118名

【調査団の構成及び調査内容】

- （1）強震記録解析班：強震記録の解析（建設省尼崎高架橋他）
- （2）道 路 班：道路関係の被害（阪神高速道路5号湾岸線他）
- （3）砂 防 班：砂防関係の被害（斜面崩壊、砂防施設の被害）
- （4）下 水 道 班：下水道関係の被害（東灘処理場他）
- （5）河 川 班：河川関係の被害（淀川本川他）
- （6）ダ ム 班：ダム関係の被害（加古川大堰他）
- （7）地 質 班：地質関係の調査
- （8）材 料 施 工 班：コンクリート構造物及び建設機械の運用等の調査
- （9）地下構造物班：地下構造物関係の被害（神戸高速鉄道他）

第1章 地震及び被害の概要

1. 地震の概要

平成7年1月17日午前5時46分、淡路島の北端（北緯34.6度、東経135.0度）を震源とする兵庫県南部地震が発生した。気象庁によると、震源の深さは14km、マグニチュードは7.2であり、近年北海道周辺で生じた釧路沖地震（M7.8）、北海道南西沖地震（M7.8）、北海道東方沖地震（M8.1）に比較すると小さい。しかし、マグニチュード7クラスの地震としては、かつてないほど震源に近い位置に都市域が存在しており、神戸市等阪神地域及び淡路島北部の一部では、震度7の激震を記録した。

今回の地震は活断層が動いて生じた直下型地震である。このタイプの地震はプレートの沈みこみによって生じる地震と比べると震源は浅く、震源近傍において比較的狭い範囲であるが大きな地震動が生じる。そのため、今回の地震では、気象庁が一部地域の揺れの大きさを最大級の震度7（激震）としたように、局地的に大きな地震動が生じたものと考えられる。

また、今回の地震のように、活断層が動いて地震が発生し、今回と同様地表面のズレが観察された例としては、1891年の濃尾地震（M8.0）や1930年の北伊豆地震（M7.3）などがある。各地の震度を、図-1.1に、余震分布を図-1.2に示す。

2. 被害の概要

今回の地震による被害は、死者5,438人、行方不明3人、負傷者34,698人、全壊97,397棟、半壊82,764棟に達し（平成7年3月1日現在、各府県警・消防庁など調べ）、各施設における被害額の総額は表-1.1に示すように約9兆6千億円に達している。

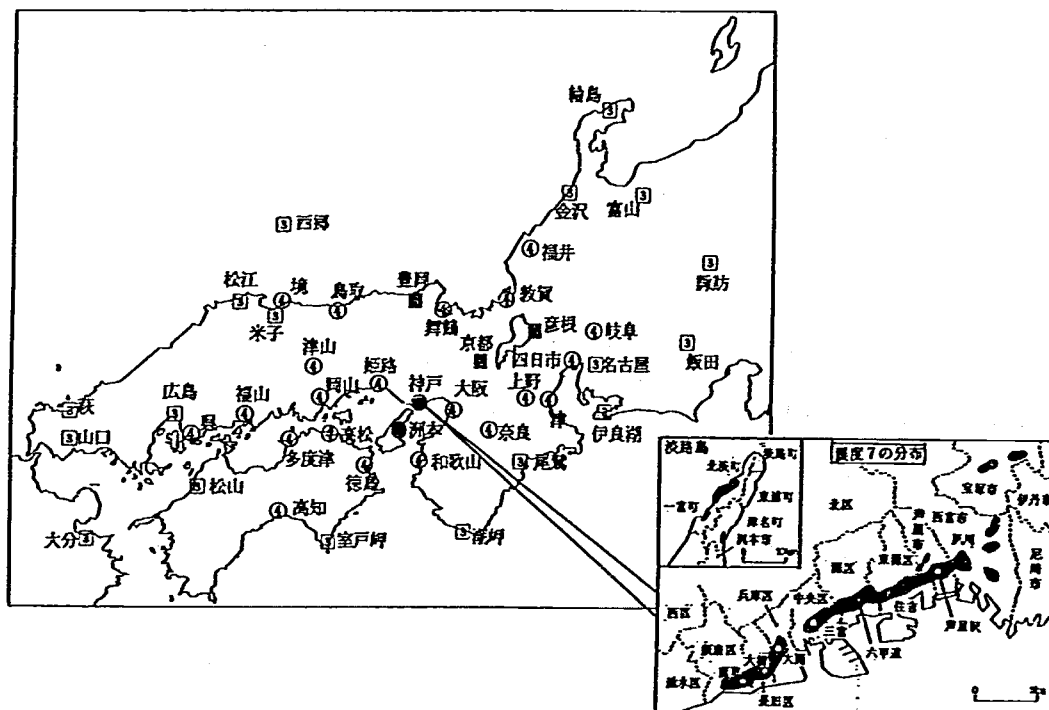


図-1.1 兵庫県南部地震震度分布図

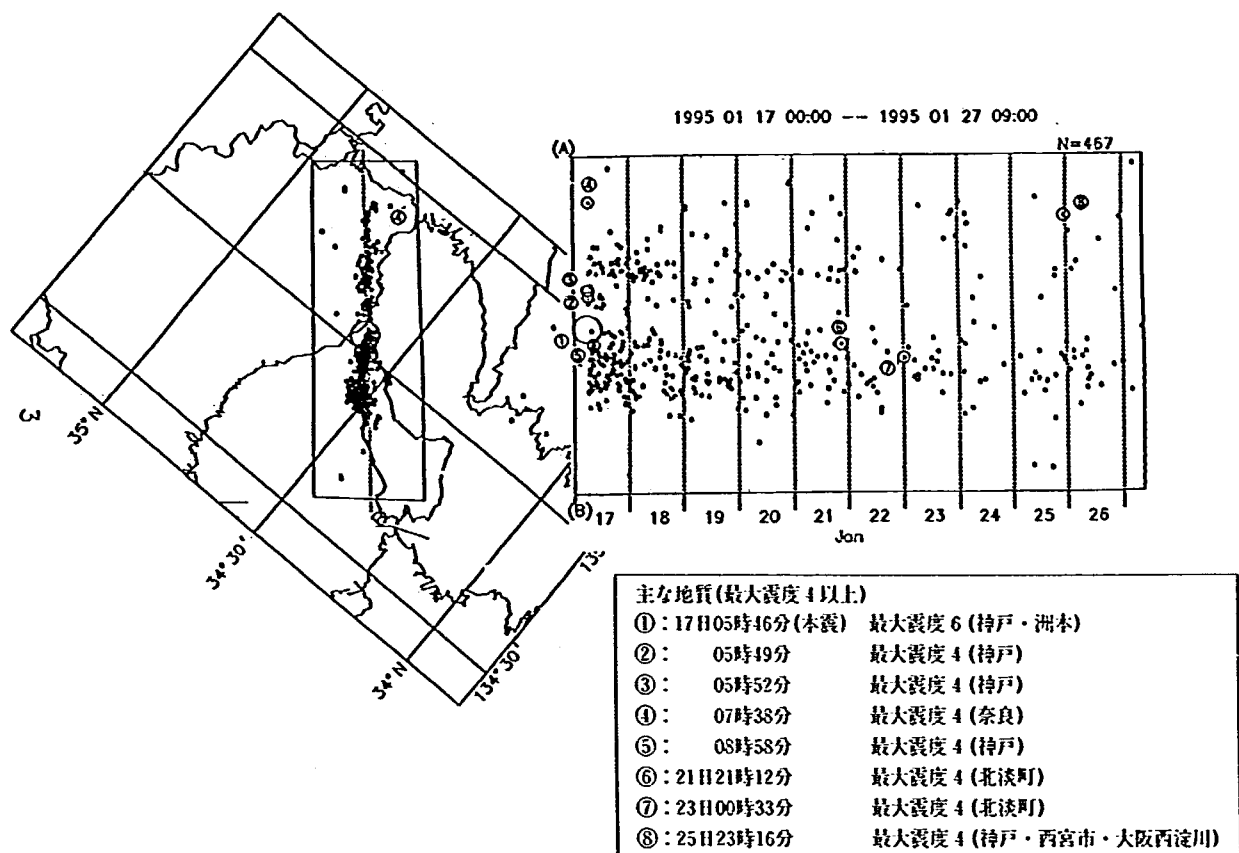


図-1.2 兵庫県南部地震の余震活動(気象庁による)

表-1.1 被害総額の推計(兵庫県発表)

(平成7年2月15日)

項 目	金 額	概 要
1. 建築物	約 5兆8,000億円	倒壊・使用不能建物等(*注:建築着工統計の建築単価から推計)
2. 鉄 道	約 3,439億円	J R西日本・阪急電鉄・阪神電鉄・神戸電鉄・山陽電鉄 等
3. 高速道路	約 6,000億円	阪神高速道路・中国縦貫自動車道路・名神高速道路 等
4. 公共土木施設 (高速道路を除く)	約 3,138億円	道 路 約 1,099億円、河川 約 263億円、海岸 約 6億円、砂 防 約 8億円 下水道 約 1,062億円、街路 約 40億円、公園 約 134億円、国道橋事業 約 526億円
5. 港 湾	約 1兆 400億円	神戸港、尼崎西宮芦屋港等 公共施設 約 8,000億円、民間施設 約 2,400億円
6. 埋め立て地	約 64億円	佐野、志筑地区 約 7億円 南芦屋浜、芦屋浜地区 約 40億円 西宮、甲子園地区 約 17億円
7. 文教施設	約 3,228億円	県立学校 約 141億円、市町立学校 約 1,705億円、社会教育施設 約 326億円 体育施設等 約 206億円、文化財 約 97億円、県立大学 約 3億円 私立学校 約 215億円、国公立大学 約 91億円、私立大学 約 379億円 文化施設 約 65億円、
8. 農林水産関係	約 1,117億円	農地・ため池等 約 224億円、治山施設 約 82億円、漁 港 約 199億円 農業用施設等 約 105億円、水産業施設 約 35億円、林産施設 約 15億円 卸売市場 約 245億円、食品関係施設等 約 211億円、
9. 保健医療・福祉関係施設	約 1,689億円	病 院 約 684億円、診療所 約 267億円、試験研究機関 約 9億円 看護学校 約 10億円、火葬場 約 11億円、保健センター等 約 27億円 福祉関係施設 約 400億円、生活協同組合施設 約 322億円(医療除く)
10. 廃棄物処理・し尿処理施設	約 41億円	
11. 水道施設	約 561億円	上水道 約 513億円、工業用水道 約 48億円
12. ガス・電気	約 4,200億円	ガ ス 約 1,900億円、電 気 約 2,300億円
13. 通信・放送施設	約 702億円	電気通信施設 約 484億円(うちNTT約300億円)、放送施設 約 35億円 ケーブルテレビ 約 175億円、兵庫衛星通信 約 8億円
14. 函工関係	約 6,300億円	機械・装置等設備 約 6,300億円(建築物 1兆7,700億円除く)
15. その他の公共施設等	約 751億円	県庁舎等 約 136億円、市町庁舎等 約 515億円、警察庁舎等 約 100億円
計	約 9兆9,630億円	(前回2月10日 約 9兆8,165億円)+1,465億円

[金額変更の主な内容] 新たに「15. その他の公共施設等」の項目を追加し、「9. 保健医療・福祉関係施設」の概要欄に生活協同組合施設を追加

第2章 地質の特徴

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震は淡路島北方の地下約20kmを震源とした地震であった。このように震源が比較的浅かったことから、この地震はいわゆる直下型地震の一つであったといえる。直下型地震であったために震源に近い淡路島北西部では、地震断層が出現した。これは今回の地震による地盤災害の大きな特長である。そのほかにも地盤災害として、埋立て地での液状化・沈下、斜面での亀裂・滑動・崩壊、盛り土地での亀裂などが発生した。ここでは、これらの地盤災害の概要について報告するとともに被害地の地質、第四紀断層についても概観する。

2. 被災地域の地質の概要

被災地域の地質の概要を図-2.1に、層序を表-2.1に示す。淡路島では第四紀の未固結堆積物の基盤として、和泉層群（島の南部）および領家花崗岩類（中・北部）、未固結堆積物として大阪層群、段丘堆積物、沖積層が分布している。神戸地域では基盤として有馬-高槻構造線以南に六甲花崗岩類、神戸層群、同構造線以北に有馬層群が分布している。未固結堆積物には、山地部に大阪層群、平地部に大阪層群、沖積層、埋立ての土砂、山地と平地の境界部に段丘堆積物がある。以下に各地質の概要について古い順に述べる。

1) 有馬層群

宝塚北部に分布する有馬層群は、2枚の水底堆積物（僧川層・玄能池層）を挟んで下部・中部・上部累層に区分されている。（Kasama & Yosida, 1976）。これらは、結晶質凝灰岩・火山礫凝灰岩・凝灰角礫岩などの火砕岩、斜長流紋岩・流紋岩の溶岩から構成されている。

2) 和泉層群

淡路島の和泉層群は積算層厚約10,000mの地層で、下位から西淡累層・阿那賀累層・北阿万累層・灘累層・下灘累層に区分されている（Morozumi, 1985）。本層群は砂岩頁岩互層を主体とした地層である。岩石は完全に固結しているが、流れ盤は崩壊を起こすことが多い。中央構造線に接している部分では著しく破碎されている（近畿地方土地地質図編纂委員会、1981）。

3) 領家花崗岩類

淡路島の領家帯の花崗類は相互の関係と岩相によって、3時期（古期に属する第1期、新期に属する第2・3期）に分けられる（中島、1987）。地震断層が現れた付近には、第2期に属する野島花崗閃緑岩が分布している。野島花崗閃緑岩の岩体中央の小田から野島にかけては、一般に中粒で弱片状の角閃石黒雲母花崗閃緑岩～花崗岩である。河床や急斜面では堅硬な岩盤が露出していることが多いが、全般的には風化が著しい（近畿地方土地地質図編纂委員会、1981）。

4) 六甲花崗岩

六甲山地には主に六甲花崗岩が分布しているが、山地南部には布引花崗閃緑岩、宝塚東方には石切山花崗岩が分布している。

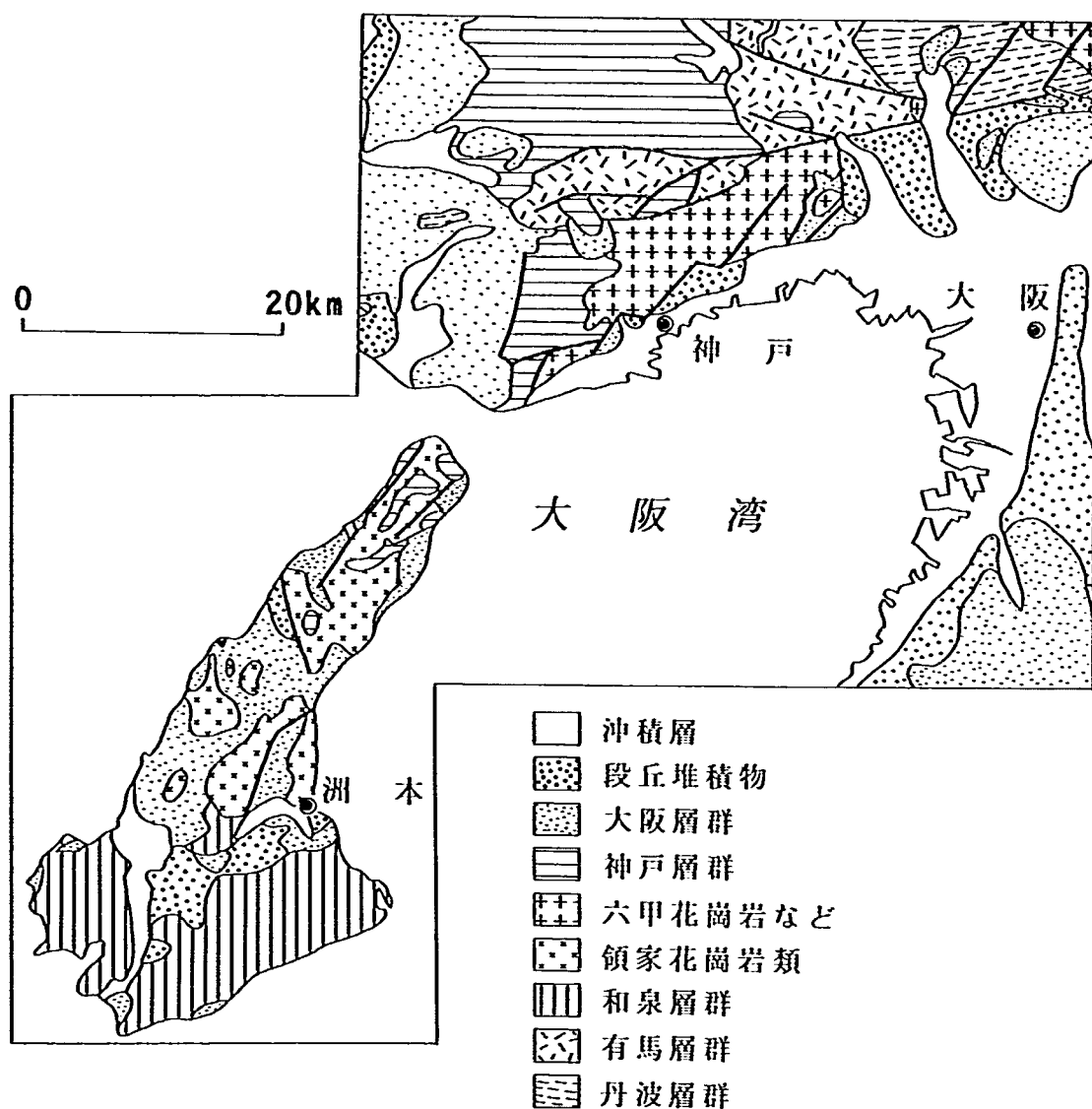


図-2.1 被災地域の地質の概要。地質境界は地質調査所(1992)、地質区分は近畿地方土木地質図編纂委員会(1981)に従った。

表-2.1 被災地域の概略地質層序

時 代		地層・岩体名	岩 質	露出地域
第四紀	完新世	沖積層・埋め立て地	粘土・砂・礫	神戸・淡路島
	更新世	段丘堆積物	粘土・砂・礫	神戸・淡路島
	更新世～鮮新世	大阪層群	粘土・砂・礫	神戸・淡路島
第三紀	中新世	神戸層群	泥岩・砂岩・礫岩	神戸
			凝灰質泥岩・凝灰質砂岩 ・凝灰質礫岩	神戸・淡路島
白亜紀		六甲花崗岩	黒雲花崗岩	神戸
		領家花崗岩	花崗岩・花崗閃緑岩	淡路島
		和泉層群	砂岩・頁岩・互層	淡路島
		有馬層群	流紋岩・同質火砕岩	神戸
ジュラ紀～石炭紀		丹波層群	砂岩・粘板岩・頁岩	神戸

六甲花崗岩は、主に中～粗粒の黒雲母花崗岩で、桃色のカリ長石・斜長石・石英・黒雲母からなる(田結庄、1987)。風化作用により、カリ長石の粘土化が進んでいるほか、全体に風化が深部までおよんでいるのが特徴である。特に表層部はマサ化が著しい。

5) 神戸層群

神戸市北区・西区・須磨区にかけての地域と淡路島に分布する神戸層群は、下位から岩屋累層・多井畑累層・白川累層・藍那累層に区分されている。これらの地層は北へ傾斜しており、北側ほど上位の地層が分布している(石田・佐藤、1987)。

岩屋累層は淡路島北部の津名郡一宮町尾崎から津名町志筑を結ぶ線より東北東側の山地やその周辺に分布している。主に塊状の砂岩から構成されている。

多井畑累層の模式地は、神戸市垂水区下畑である。主に砂岩と泥岩からなり、礫岩・凝灰岩を挟む。

白川累層の模式地は神戸市垂水区布施畑から木見峠である。下部の砂礫岩層と上部の凝灰岩と礫岩の互層とに分けられる。

藍那累層は神戸市北区・垂水区に分布する。砂岩・礫岩・泥岩からなる下部と凝灰質の砂岩・礫岩・凝灰岩からなる上部に分けられる(石田・佐藤、1987)。

神戸層群の地層は大阪層群系の地層よりも固化は進んでいるが、ブロック状に割れる。泥岩、特に凝灰質泥岩は風化して軟弱なものとなり、地すべりが多発している(近畿地方土木地質図編纂委員会、1981)。

6) 大阪層群

大阪層群は、一見丘陵地にだけ分布しているように見えるが、実際は段丘・沖積平野・内湾・湖水の下に厚く潜在分布している。主に未固結の礫・砂・シルト・粘土層からなる。大阪層群の下半部は陸水成の砂礫・シルト層からなり、上半部は下位からMa-1(マイナス1)・Ma0・Ma1, … Ma10の12枚の海成粘土層(連続して命名されている海成粘土層のうちMa11とMa12は段丘層に挟まれ、Ma13は沖積層に挟まれている)と陸水成の砂礫・シルト層との規則的な互層から構成されている。層厚は丘陵地で約300～400m、低地部では約1,000mに達するとみられている(吉川、1987)。

六甲山南麓で大阪層群が露出しているのは、西宮市から芦屋市にかけての甲陽断層の周辺および神戸市の新湊川から妙法寺川にかけての地域である。

西宮市から芦屋市にかけての大阪層群は、8層の海成粘土層(Ma1～Ma8)を挟み、大阪層群下～上部の地層に相当する。大阪層群下部の地層は甲陽断層の北側に分布する層厚80m以上の砂礫・粘土層である。下半部は砂礫層を主体とする甲陽園累層、上半部は海成粘土層(Ma1, Ma2)と砂礫層との互層からなる香炉園累層下部である。大阪層群上部の地層は甲陽断層の南側に分布する層厚40m以上の地層である。海成粘土層(Ma3～Ma7)と陸水成の砂・砂礫層との規則的な互層から構成されている。上半部(Ma5よりも上位)は満地谷累層と呼ばれ、この地層の堆積面は藤田・笠間(1982)によれば高位段丘面である。

そのほかの六甲山南麓に分布する大阪層群も下～上部の地層である(吉川、1987)。

淡路島に分布する大阪層群は池辺(1959)によって淡路累層と命名されている。Ma1よりも下位層と推定される層厚120m以上の地層で、陸水成の砂礫層と粘土層から構成されている。

大阪層群は開発地域における地盤沈下、地下水などと密接に関係している(近畿地方土木地質図編

纂委員会)。

7) 段丘堆積物

六甲山地東南麓には、高位・中位・低位の段丘堆積物が分布している。高位段丘堆積物は五ヶ山礫層、中位段丘堆積物は上ヶ原礫層と呼ばれている。

淡路島にも高位（明美礫層）・中位（西八木層）・低位の段丘堆積物が分布している。

8) 沖積層

大阪平野の沖積層は、山根（1930）によって梅田層と命名されている。下部の砂泥互層、中部の海成粘土層および上部の砂層に分けられる。

埋め立て地は瀬戸内海の浚渫粘土や六甲山地の風化花崗岩（マサ土）などによって造成されている。

3. 被災地域の第四紀断層

今回の地震では、「活断層」「地震断層」の用語が連日のようにマスコミに登場した。これは既述のように震源が比較的浅かったために、淡路島北部に地震断層が出現し、また、発振機構や余震分布から神戸側の既存の活断層が動いた可能性があるためであろう。

「活断層」とは一般に最近の地質時代に繰り返し活動し、将来も活動することが推定される断層である。最近の地質時代をどのようにとらえるかは、研究者によって異なっているが、活断層研究会（1991）では第四紀以降をとっている。活断層が動くことにより地震が発生するが、震源の位置（地理的位置・深さ）によっては、今回のような内陸型の直下型地震となる。ただし、日本列島の活断層は常時動いているのではなく、その活動は間歇的である。活断層の活動は火山にたとえると以前用いられていた「休火山」に相当する（力武、1981）ものである。さらに定義の後半部分の「将来の活動性」については、その評価が極めて困難であることから、ほとんど検討されずに「活断層」という用語が用いられている。以上のように活断層の定義には曖昧さがあるとともに、用語には誤解を与えかねない点もあるために、建設省の地質関係者では「活断層」の代わりに、第四紀に地表に変位を生じた断層を「第四紀断層」と定義して用いている。

「地震断層」は狭義には地震の震源となった断層が地表に現れたものであり、広義には地震に伴って地表に現れた断層である。前者の意味では今回の淡路島に現れた断層は地震断層ではなく、副断層と呼ぶべきものである。

図-2.2は被災地域の第四紀断層の分布を示したものである。震源の淡路島から神戸市、吹田市にかけては、北東～南西方向の断層（六甲断層系）が卓越し、有馬温泉付近から高槻市にかけては東北東から西南西方向の有馬－高槻線が走っている。淡路島に出現した地震断層は、既存の野島断層そのものの位置に現れた。野島断層に沿って淡路島の山地は相対的に隆起し、海岸側は沈降している。また、野島断層には右横ずれの成分もある。他方、神戸側の六甲断層系は六甲山の東南麓に分布している。これらの断層は縦ずれ成分が著しく、山麓で階段状の地形を呈しており、相対的に六甲山地が隆起している。六甲断層系の断層にも野島断層と同じく右横ずれ成分が認められる。

今回の地震の余震分布は淡路島から神戸側にかけて六甲断層系に沿うように分布している（例えば、1995年1月20日付け朝日新聞夕刊の京都大学防災研究所のデータ）。

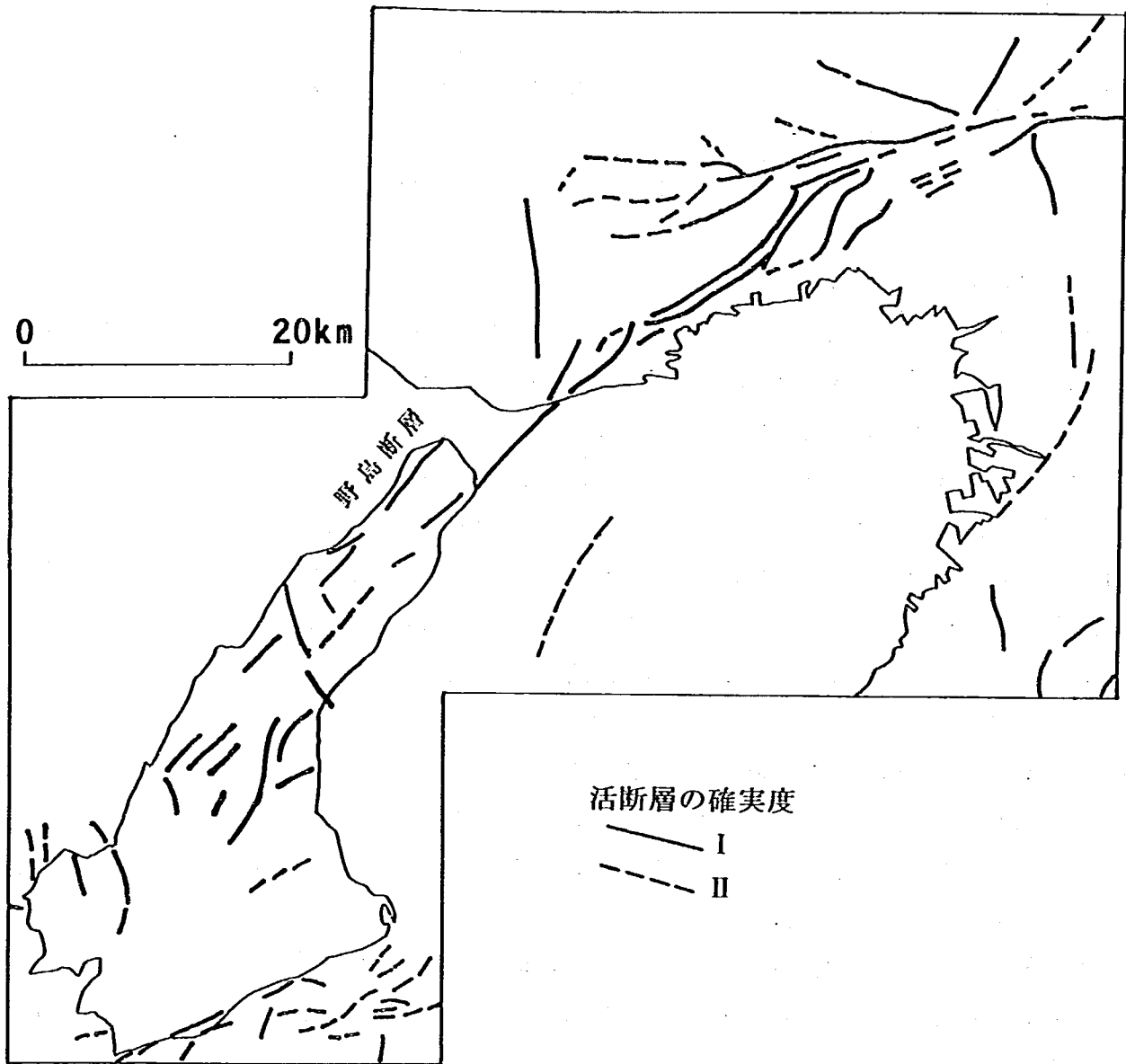


図-2.2(1) 被災地域の第四紀断層の分布。活断層研究会(1992)より作成。

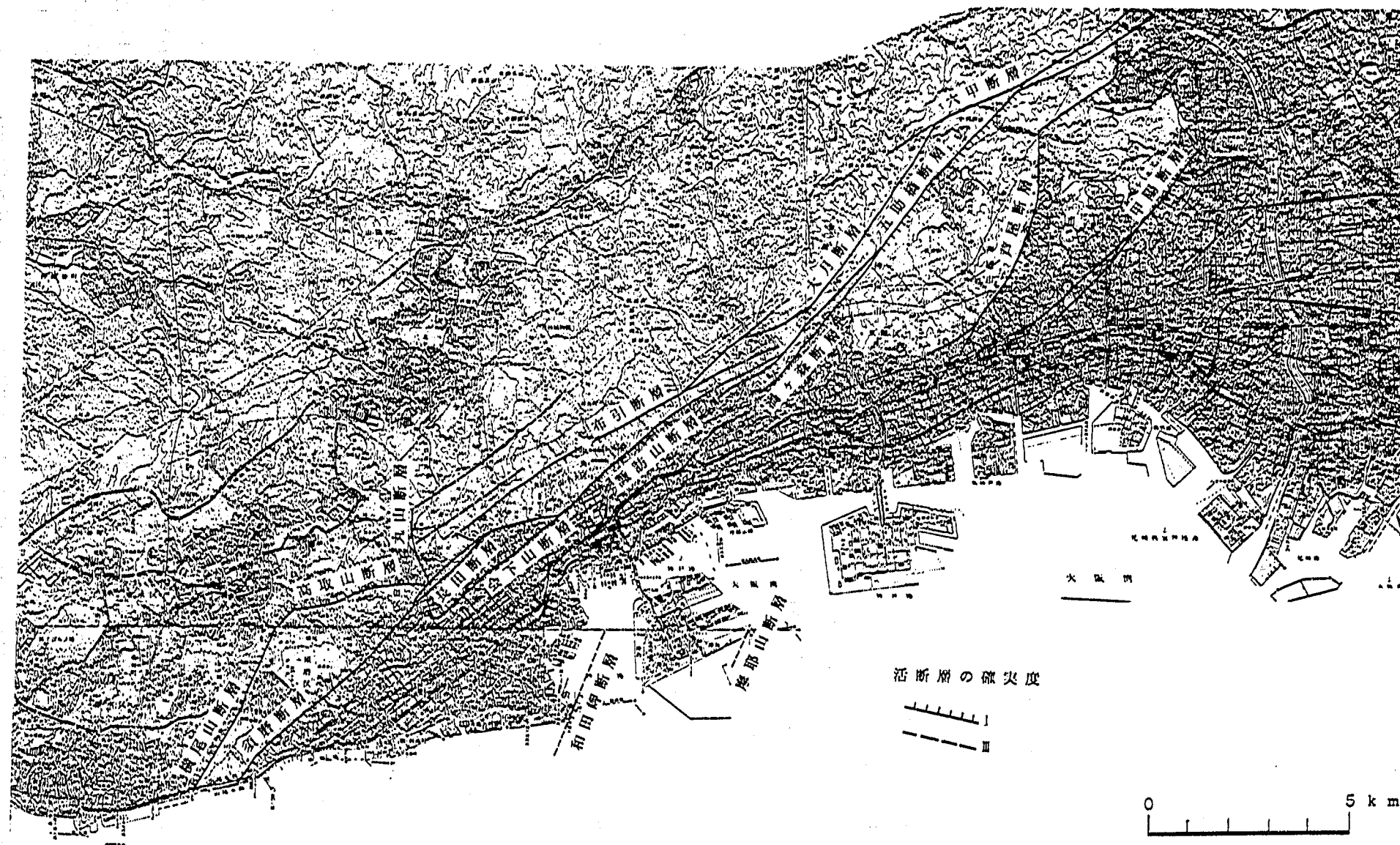


図-2.2(2) 被災地域の第四紀断層の分布。藤田・笠間(1982, 1983)
および藤田・前田(1984)より作成。

4. 地盤災害の概要

1) 調査の目的

調査の目的は、(a)地震による地盤災害の概要の把握、(b)神戸側における地震断層の有無および既存の第四紀断層の動きの有無の確認を行うことである。

2) 調査の範囲

地質関係の調査は3班に分かれて行った。調査を行ったのは、西宮市鹿塩から関西学院大学を通過して甲陽園本庄町、神戸市東灘区深江・中央区三宮・灘区の神戸大学周辺・ポートアイランド・長田区・須磨区・垂水区、芦屋市山手町・奥池町である。調査のルートを図-2.3に示す。

3) 第四紀断層と地盤災害

調査を行った既存の第四紀断層は、甲陽断層・芦屋断層・五助橋断層・渦ヶ森断層・須磨断層・会下山断層・横尾山断層・高塚山断層である。これらのほかに地震断層が認められたとの報道(1995年1月24日付け産経新聞)があった甲陽断層の南東側の地域についても調査を行った。

a) 甲陽断層

甲陽断層は、活断層研究会(1991)によると确实度I、活動Bの第四紀断層である。甲陽断層の調査は、西宮市南越木岩町(阪急電鉄甲陽線苦楽園口駅付近)から木津山町にかけての範囲で主に道路に沿って行った。図-2.4は調査のルートと道路面等に認められた亀裂等を示したものである。図のように道路面の亀裂は特に甲断断層が通っていると思われる付近で多くなることはない。また、甲陽断層方向の亀裂が連続することもない。道路面の亀裂の多くは写真-2.1のように道路の伸長方向と直交して入っているか、交差点の道路と道路の会合部やマンホールの部分に入っている(写真-2.2)。これらの亀裂は道路面の外へは延長していない。したがって、これらのような亀裂は断層の動きによる地盤の変位によって生じたものではなく、地震動によって動道の構造的に弱い部分、応力が集中しやすい部分に生じたものと考えられる。

図-2.4のKy-1、2、3の地点では液状化による噴砂が認められた(写真-2.3)。

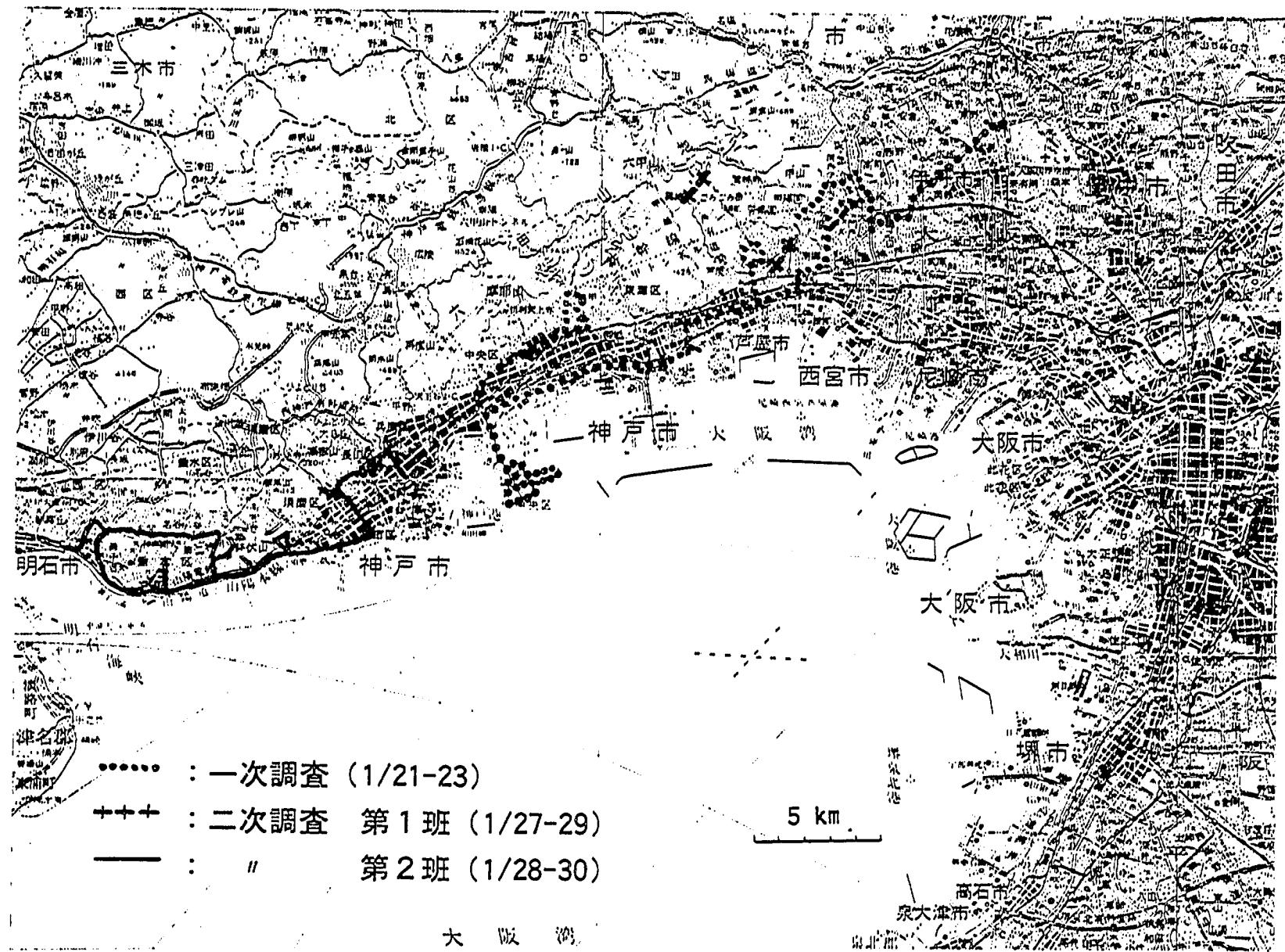
また、Ky-4の地点では斜面の重力的な滑動が認められた。(後述)。

西宮市鹿塩から関西学院大学を通過して甲陽園本庄町までのルートでも甲陽断層の概略調査を行ったが(図-2.5)、甲陽断層の動きによると思われる地盤の変位は見いだせなかった。

以上のように調査の範囲内では、甲陽断層の動きによると推定される地盤の変位は見出されなかった。

b) 芦屋断層

芦屋断層は、活断層研究会(1991)によると确实度I、活動度Bの第四紀断層である。芦屋断層の調査は芦屋市山手町周辺で行った(図-2.6)。この周辺の地質は次のようになっている。おおよそ阪急神戸線よりも南側では沖積層が分布している。それより北側に上っていくと東芦屋町の付近には大阪層群が分布し、山手町付近の平坦面には高位段丘堆積物が分布している(写真-2.4)。建築物の被害状況を見ると、標高が低く沖積層が分布している付近では、全半壊しているものがあるが、標高が上がり大阪層群・高位段丘堆積物の分布地域になると損壊している家屋が極端に少なくなる。



地質班の調査ルート

図-2.3 調査のルート。

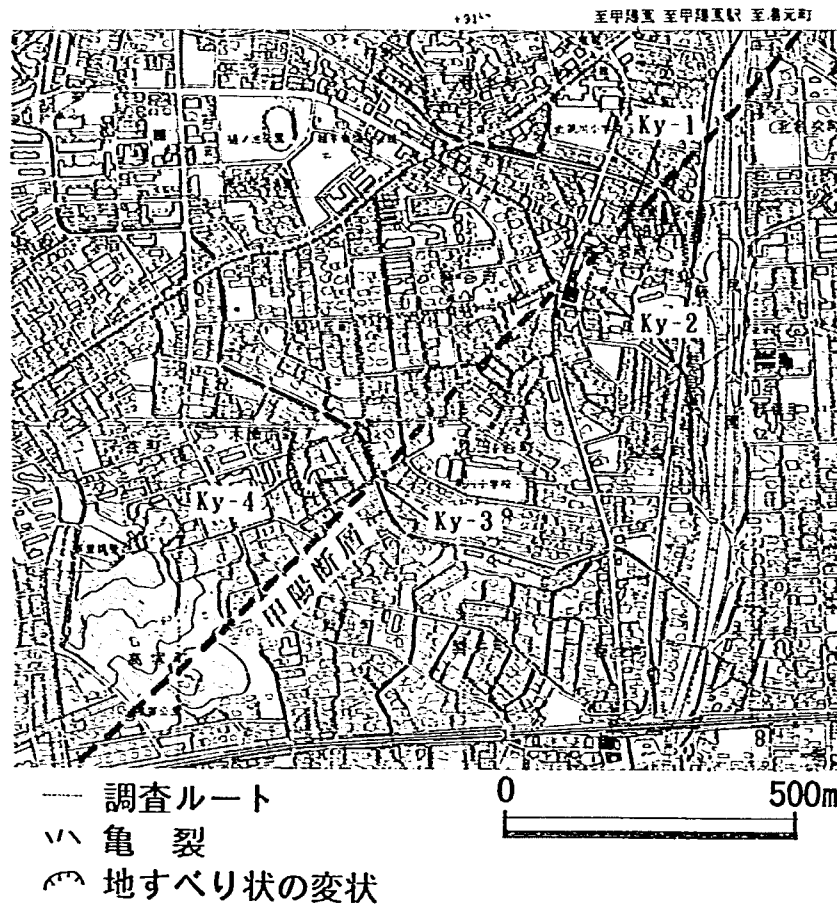


図-2.4 甲陽断層の調査ルート(その1)と道路面等の亀裂の分布。図中の甲陽断層の位置は藤田・笠間(1982)から転記したものであり、必ずしも1:100000の精度はない。国土地理院発行1:10000地形図「西宮」を使用。

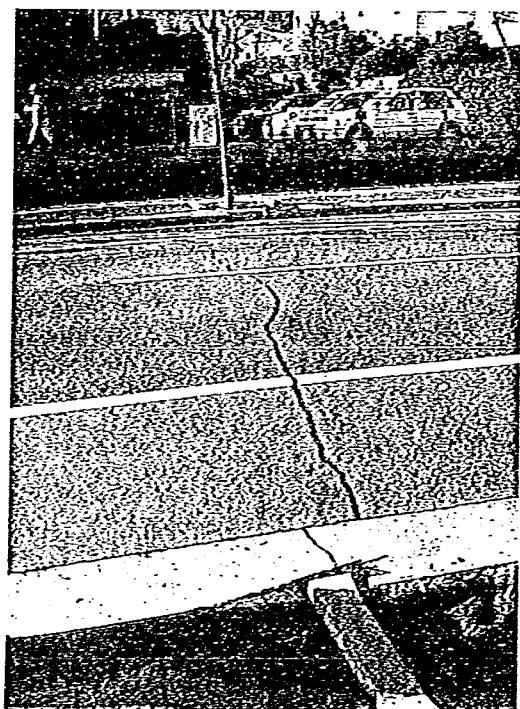


写真-2.1 道路の伸長方向に直交して入った亀裂。
 西宮市南越木岩町。

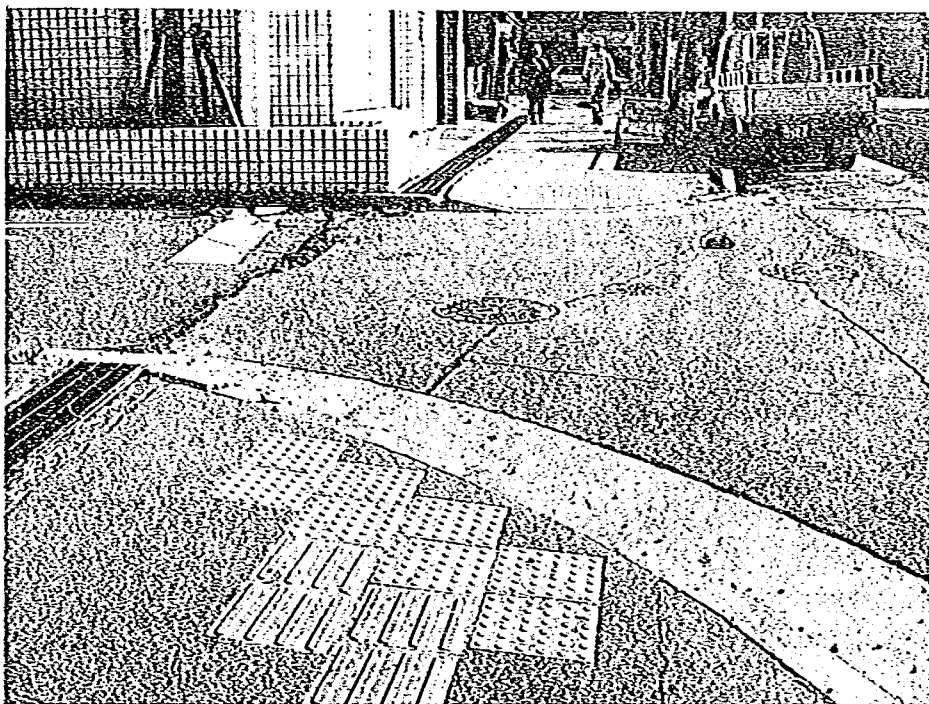


写真-2.2 交差点部分とマンホールの部分に入った亀裂。
西宮市南越木岩町。

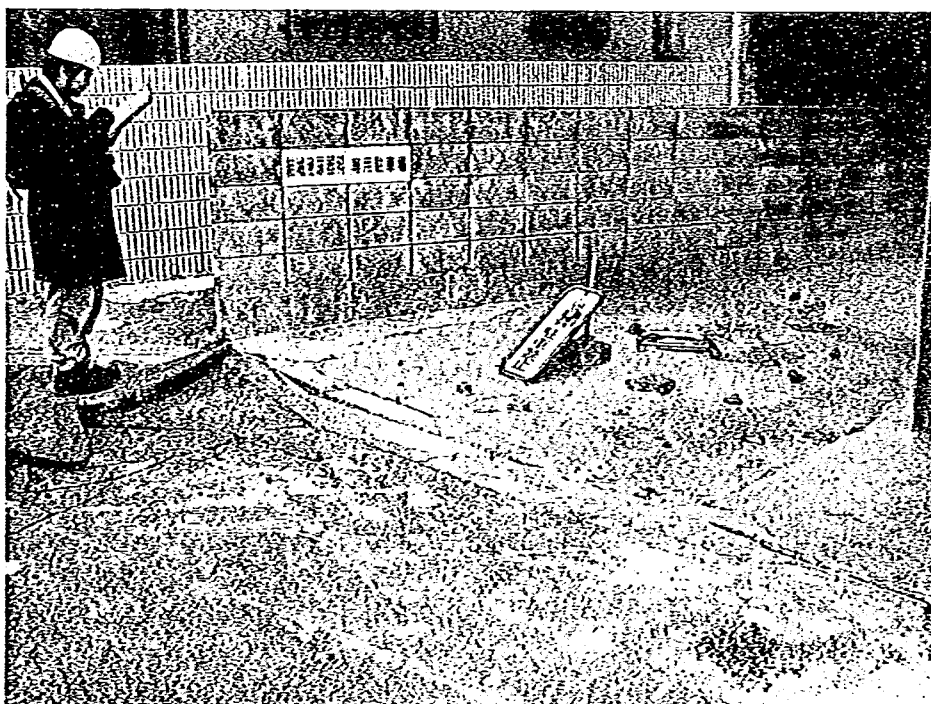
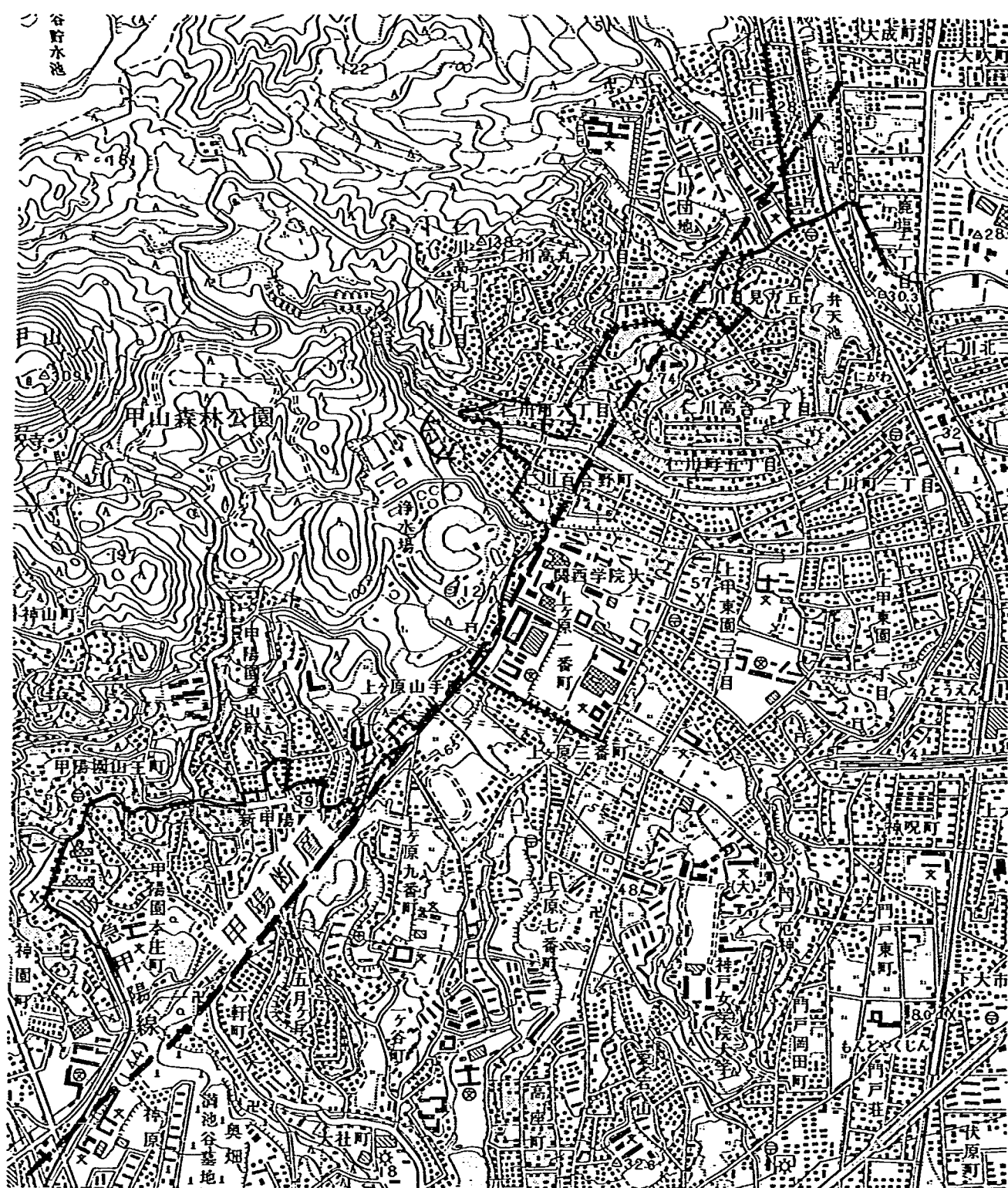


写真- 2.3 Ky-1 地点 (図-3.4参照)における噴砂の跡。
西宮市南越木岩町。



調査ルート

0 1km

図-2.5 甲陽断層の調査ルート(その2)。図中の甲陽断層の位置は藤田・笠間(1982)から転記したものであり、必ずしも1:25000の精度はない。国土地理院発行1:25000地形図「宝塚」を使用。

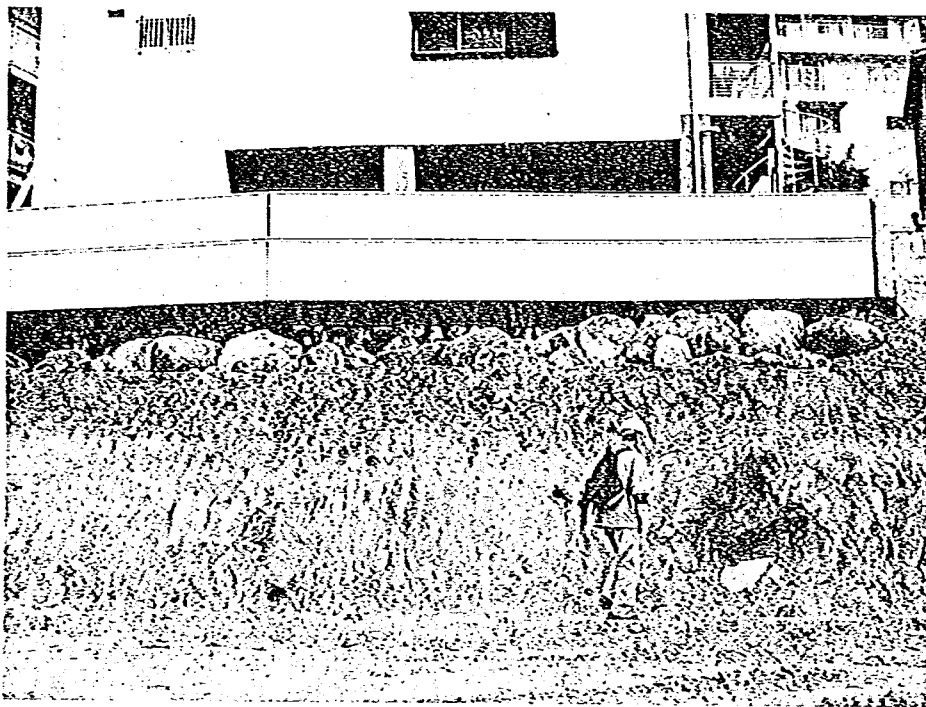


写真-2.4 芦屋市山手町における高位段丘堆積物。一見、強風化花崗岩のようである。

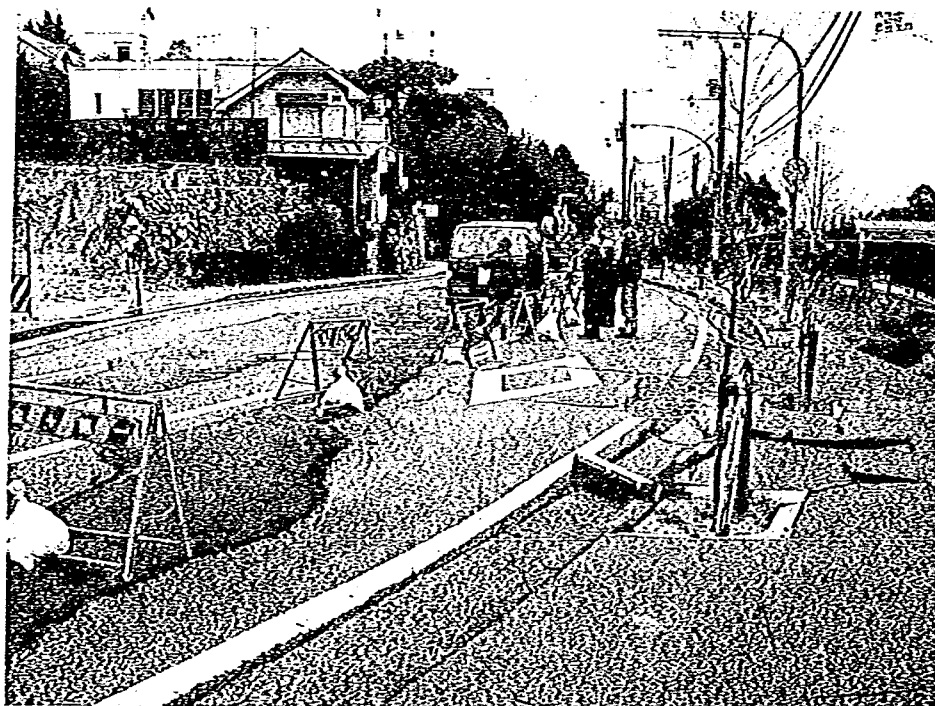


写真-2.5 芦屋断層推定位置付近の道路面の亀裂。芦屋市山手町。

ところが、芦屋断層が通っていると推定される付近では、高位段丘堆積物の分布域であるにもかかわらず道路面の亀裂が他よりも多く（写真－2.5）、また周辺の家屋にも損壊しているものが比較的多く見受けられる。ただし、道路の西側は比高で3 m程低くなっており、コンクリート製の擁壁があることから、この部分の道路は盛り土であると考えられる。また、道路面の亀裂の多くは道路と平行し、亀裂によって道路面は多少西側に沈下している。したがって、この道路面の亀裂は直接的には盛り土部分の崩壊と考えられるが、芦屋断層の推定位置付近のみ崩壊していることは、断層との何らかの関係を示唆している可能性がある。

このように調査の範囲内では、芦屋断層による直接的な地盤の変位は認められなかったが、断層の推定位置付近では道路の亀裂や家屋の被害が他よりも多く見られ、断層の影響が示唆される。

c) 五助橋断層

五助橋断層は、活断層研究会（1991）によると確実度Ⅰ、活動度Ⅱの第四紀断層である。五助橋断層の調査は、芦屋市奥池町にて行った（図－2.7）。奥池町付近は山間の緩斜面で、五助橋断層はこの緩斜面（平坦面に近い）と山地の境界の山麓線を走っている。緩斜面には高位段丘堆積物、そのほかの地域には六甲花崗岩が分布している。この地域では緩斜面上の大部分には道路の亀裂や家屋の倒壊は認められない。また、奥池貯水池の堤体（ロックフィルタイプ）にも変状は認められない（写真－2.6）。ところが図－2.7のように山麓の五助橋断層の推定位置付近になると、道路面に亀裂が観察されるようになるとともに、斜面の崩壊も認められるようになる。ただし道路面の亀裂の多くは道路の伸長方向に直交して入っており、また、すべて道路面以外には延長していない。これらのうち、Gs－1（図－2.7）の斜面崩壊およびGs－2の開口亀裂は、道路の盛り土部で生じているので、盛り土の重力的な不安定さが崩壊の直接の原因と考えられる。また、そのほかの崩壊や道路面の亀裂も地形・地質境界（不整形地盤）に起因するものと考えられるが、五助橋断層との関係も完全には否定できない。

d) 渦ヶ森断層

渦ヶ森断層の調査は神戸市灘区一王山町で行った。渦ヶ森断層を北北西－南南東方向に横断する道路では、渦ヶ森断層の推定位置付近にのみ亀裂が認められる（写真－2.7）。この亀裂の西側の延長のビルにも写真－2.7のように若干の変状が認められ、また東側の延長の河川の護岸にも変状が認められる。しかし、これらのことと渦ヶ森断層との因果関係については、調査の範囲が非常に狭いために不明である。

e) 須磨断層

須磨断層は、活断層研究会（1991）によると、確実度Ⅰ、活動度Ⅱの第四紀断層であり、淡路島側の仮屋断層の延長と推定されている。また、本州四国連絡橋公団（1988）によると、仮屋断層と今回の地震で活動した野島断層が明石海峡で併合して須磨断層付近に延びるように地質的に解釈されている。ただし、今回活動した野島断層は南東側が隆起しているのに対し、須磨断層を含む神戸側の第四紀断層の多くは北西側が隆起しているため、野島断層の延長は須磨断層に直接連続せず、明石海峡で雁行しているという見方もある。

この須磨断層に関し、1月25日付の朝日新聞朝刊に、「阪神大震災によるとみられる断層が地表面



図-2.7 五助橋断層の調査ルートおよび道路面の亀裂、崩壊地の分布。図中の五助橋断層の位置は藤田・笠間(1982)から転記したものであり、必ずしも1:25000の精度はない。国土地理院発行1:25000地形図「宝塚」を使用。



写真-2.6 奥池貯水池の堤体。変状は認められない。芦屋市奥池町。

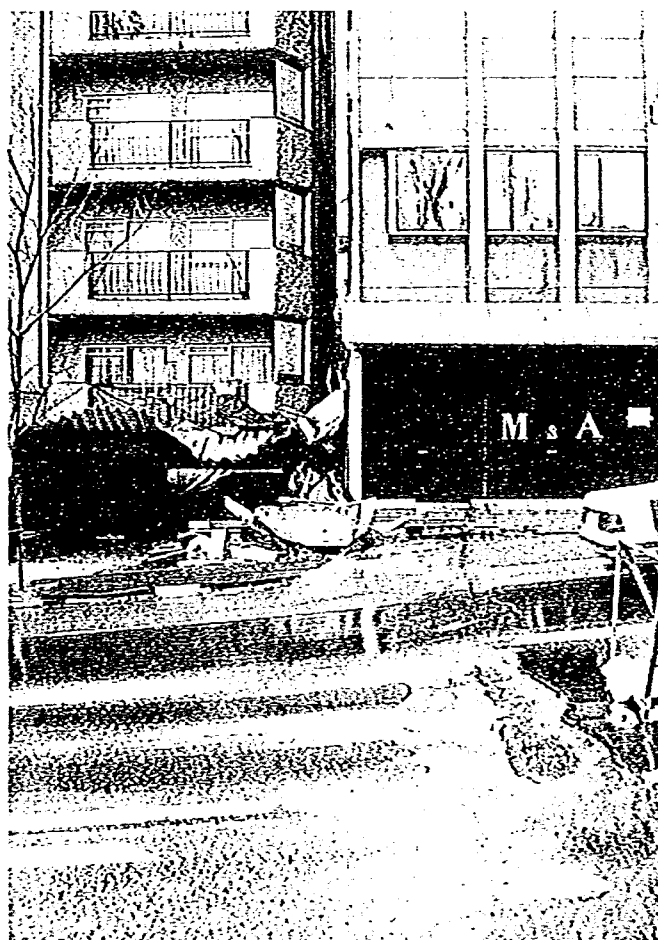


写真-2.7 渦ヶ森断層の推定位置付近の道路の亀裂。斜面の下側の方に沈下している。亀裂の延長上のビルにも若干の変状が認められる。

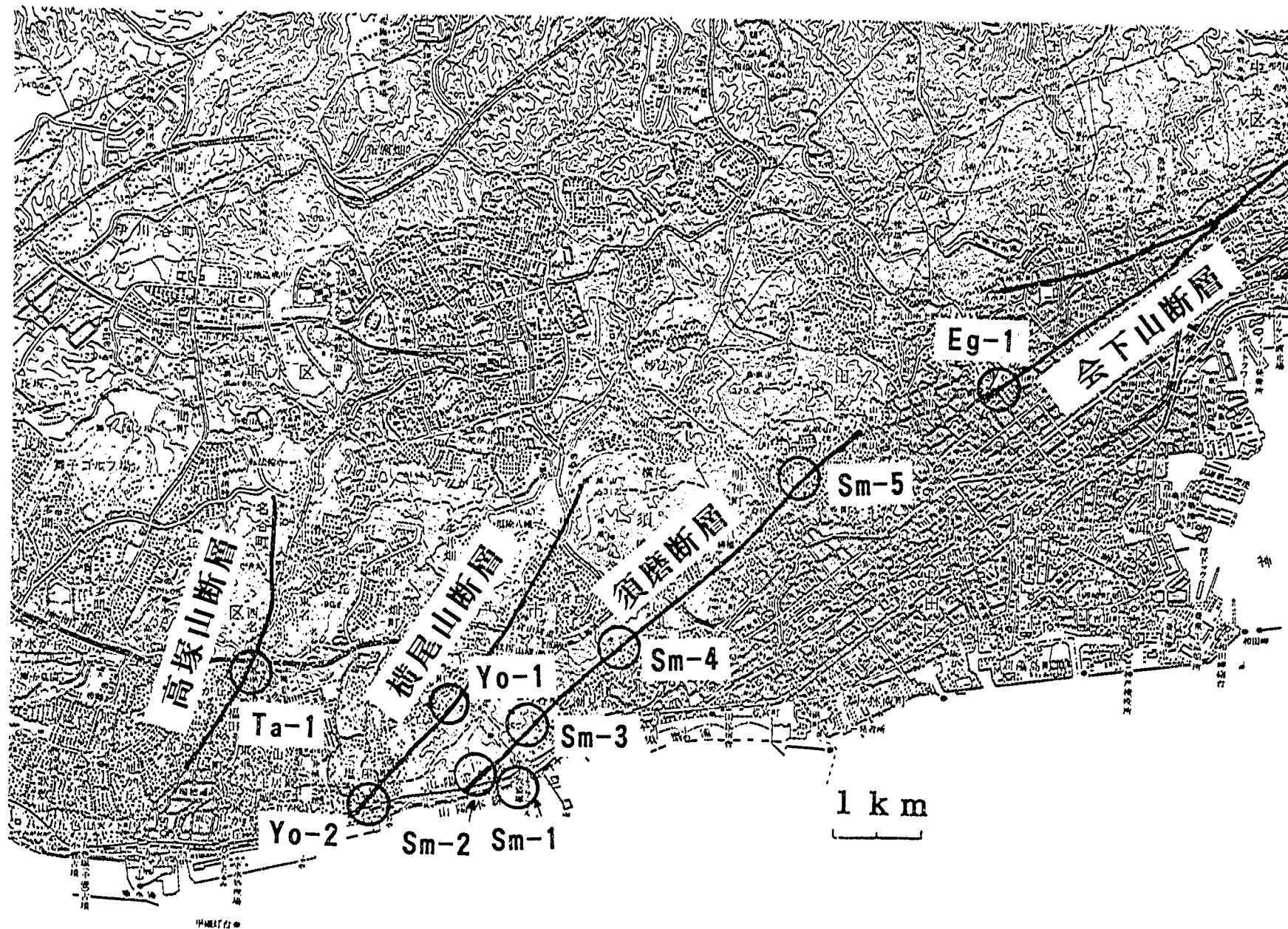


図-2.8 調査を行った断層と調査ルートおよび調査ポイント。須磨、会下山、横尾山、高塚山の各断層。国土地理院発行 1:50000地形図「須磨」・「神戸」を使用。

まで現れている」と報道された。今回の調査では、地震断層の調査の一貫としてこの須磨区の国道2号線上の亀裂の現地調査を行った。調査ルートは神戸市垂水区のＪＲ塩屋駅から、須磨区のＪＲ須磨駅までの国道2号線沿いである（図－2.8のSm－1）。調査の結果、ＪＲ塩屋駅から敦盛駅（図－2.9 参照）。手前までにかけては、路面の亀裂はほとんど見られず、また須磨浦公園（図－2.9 参照）よりも東方では、非系統的な亀裂が見られるのみであった。観察結果をまとめると次の通りである。

- i) 敦盛塚から須磨浦公園付近まで国道2号線沿いの道路上に亀裂が周辺に比べやや発達する地帯がある（図－2.9）。
- ii) 亀裂の見られた位置は、断層崖や断層露頭から推定される須磨断層の位置よりも、200～400m程度南方である。
- iii) 亀裂群は道路に直交するものが多く、開口幅数mm程度である（写真－2.8）。ただし亀裂が縁石を越え歩道に延びる際に階段状に右側にシフトするものが多い。シフトを考慮すると、亀裂の方向は南北方向が多い（これは須磨断層の延びの方向とは斜交する）。
- iv) 亀裂群は道路沿いに25～60m毎に比較的規則的に10数本現れる。
- v) 亀裂のずれは、数mm～2cm程度の右横ずれを伴うものが多いが、全く横ずれのないものもあり、まれに左ずれを示すものもある。
- vi) 亀裂の延長上には、敦盛塚に類似のトレンドで亀裂が伸びるもの（写真－2.9）。以外には特に系統的な変状は見られない。

以上のことから、図－2.9の部分ではいわゆる地震断層本体は存在せず、断層のずれに伴う地下深部の変位や地震動の二次的な現れとみなすことが適当である。しかし平坦地にもかかわらず周辺に比べ亀裂がやや多く、系統的に右ずれを示すことから、地下に地震断層本体が伏在する可能性は残っている。この点に関し、2月11日付の毎日新聞朝刊に、国土地理院の水準測量の結果、垂水区から須磨区にかけての水準点の間に約26cmの東落ちの鉛直変動があったことが報道されている。したがって地震断層本体は調査部分に生じていないとしても、亀裂の密な部分を含む周辺のエリアに変位があった可能性がある。

次に、地形及び露頭から確認されている須磨断層について変位の確認調査を行った。

地形や露頭から確認されている須磨断層は、前述の亀裂の見られるエリアより北方数100mに分布し、山地と丘陵地の境界をなしている。今回の調査では、この地形等から確認されている須磨断層の活動の有無を確認するために、断層をまたぐように幾つかのルートで亀裂の有無を調査した。調査地域を図－2.8に示す。調査の結果は次の通りである。

- i) 地形や露頭から確認されている須磨断層沿いの地表に特に断層のずれによると思われる変状は認められない（図－2.8のSm15）。
- ii) 断層近傍にも被害の集中は認められず、むしろ断層に近づくにつれて被害は少なくなるようである。
- iii) 断層付近で局所的に斜面崩壊が見られる（図－2.8のSm4）。

以上より、地形及び露頭から確認されている須磨断層については、少なくとも地表に達する変位は発生しなかったと見るのが適当である。

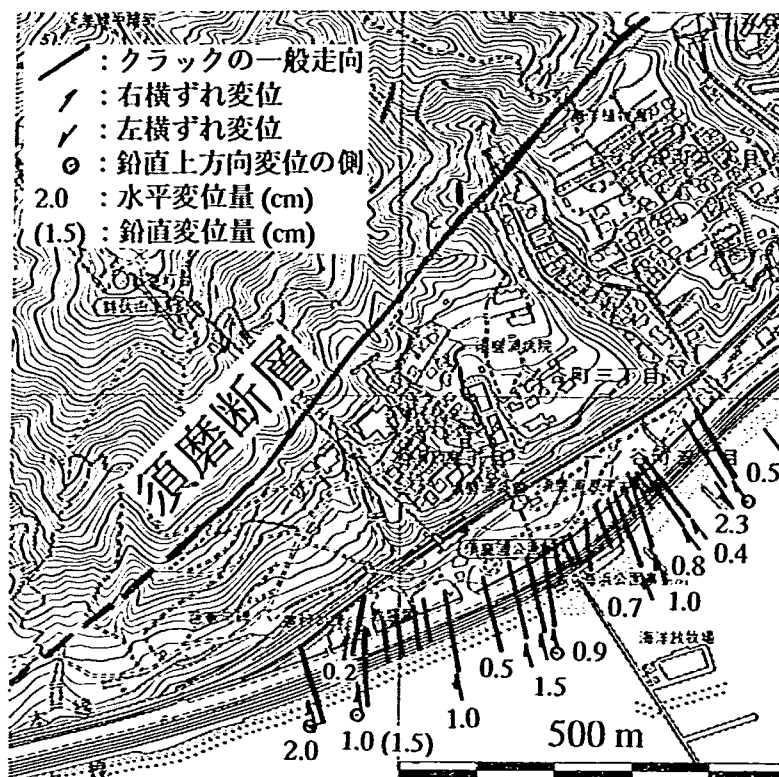


図-2.9 国道2号線沿いに見られる亀裂群。神戸市須磨区一の谷町。
 国土地理院発行1:10000地形図「須磨」を使用。

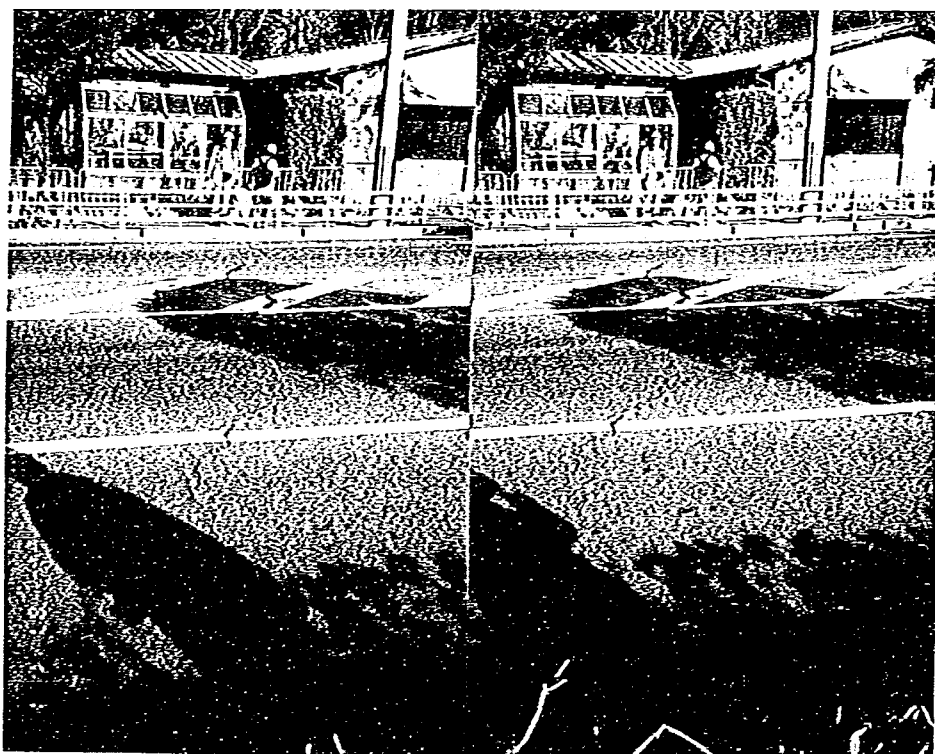


写真-2.8 須磨断層の約300m南方の右ずれを有する国道2号線上の亀裂。
 神戸市須磨区一の谷町。



写真-2.9 写真-2.8の亀裂の延長線上にある敦盛塚の亀裂。神戸市須磨区一の谷町。



写真-2.10 斜面の押し出しによる会下山断層付近の亀裂。神戸市長田区重池町、会下山配水場の南西斜面。

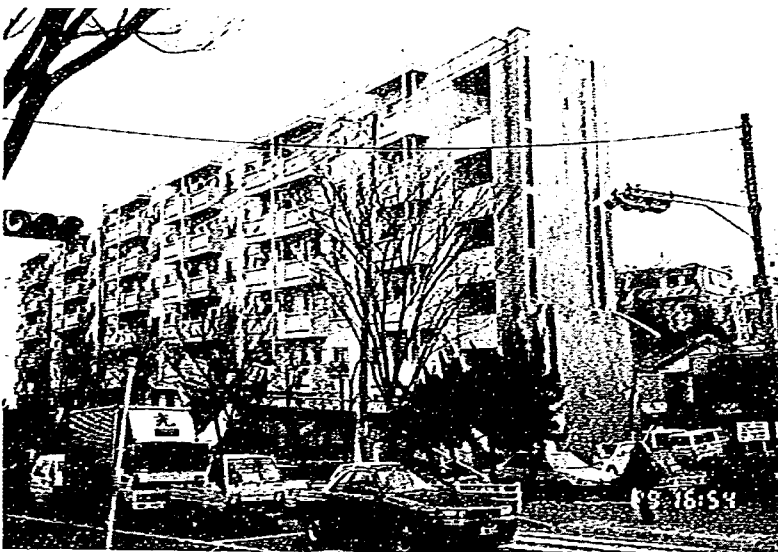


写真-2.11 会下山断層付近にある鉄筋コンクリート建ての団地の被害。神戸市長田区重池町、会下山配水場の南西斜面。

f) 会下山断層

会下山断層は、活断層研究会(1991)によると確実度Ⅰ、活動度Bの第四紀断層である。この断層をまたぐルート(図-2.8のEg1)で地表の変状の調査を行った。調査結果を整理すると次の通りである。

i) 道路面のクラックは多くあるが、方向やずれなどは系統的でなく、斜面の滑り等の重力性のものが大半である(写真-2.10)。

ii) 断層線上付近で鉄筋コンクリート構造物の破壊が生じており(写真-2.11)、周辺部に比べ局部的にやや強い地震動があった可能性がある。

したがって、地震動としては周辺よりもやや強かった可能性は残るが、地震断層によると思われる地表のずれは確認できなかった。

g) 横尾山断層

横尾山断層は、活断層研究会(1991)によると確実度Ⅰ、活動度Bの第四紀断層である。断層をまたぐルート(図-2.8のYo1、2)で調査を行ったが、断層によると思われる地表のずれは確認できなかった。図-2.8のYo1の周辺は家屋の被害も少なかった。ただし、横尾山断層が海側に抜けると推定されているJR塩屋駅付近(図-2.8のYo2)で、やや家屋の被害や線路の被害が見受けられた。これはJR塩屋駅付近が沖積低地に該当し、地盤がやや軟弱であったことと関連があると考えられる。

h) 高塚山断層

高塚山断層は、活断層研究会(1991)によると確実度Ⅰ、活動度Cの第四紀断層である。断層をまたぐ道路上(図-2.8のTa1)には、断層によると思われる地表のずれは確認できなかった。

i) 甲陽断層の南東側の断層

甲陽断層の南東側には、活断層研究会(1991)によって確実度Ⅲの断層が引かれている。1995年1月24日付けの産経新聞には、甲陽断層とこの確実度Ⅲの断層の間に地震断層が発見されたことが発表された。そこでこのことを確認するために図-2.10のルートで調査を行った。

調査地域には甲陽断層の方向とほぼ平行に崖線(線状模様)が存在する。この崖線は藤田・笠間(1982)によると、高位段丘の段丘崖であり、崖には大阪層群の上部が分布している。

調査地域の道路面には図-2.10のように多数の亀裂が観察される。ほとんどの亀裂は甲陽断層の場合と同じく道路の伸長方向に直交して入っている。ほとんどすべての亀裂は道路面のみに認められ、周囲には延長しない(写真-2.12)。亀裂には周辺地域の第四紀断層の横ずれ成分と同じく右横ずれを示すもの(写真-2.13)や反対に左横ずれを示すもの(写真-2.14)もある。いずれにしても線状模様の付近で道路面の亀裂が多くなったり、連続性が良くなる事実は認められない。よって、調査の範囲内ではこの線状模様に起因する地盤の変位は認められないと結論される。

なお、段丘崖上では開口性の亀裂が認められ、段丘崖の末端では圧縮性の亀裂が観察された。また、SKy-1地点では斜面上の開口亀裂からの噴砂が認められた。

4) 埋立てと地盤災害

被災地の大阪湾には、六甲アイランド・ポートアイランドなどの人口島をはじめとして多数の埋立



図-2.10 甲陽断層の南東側の断層の調査ルートおよび道路面の亀裂の分布。
 国土地理院発行 1:10000地形図「甲山」を使用。

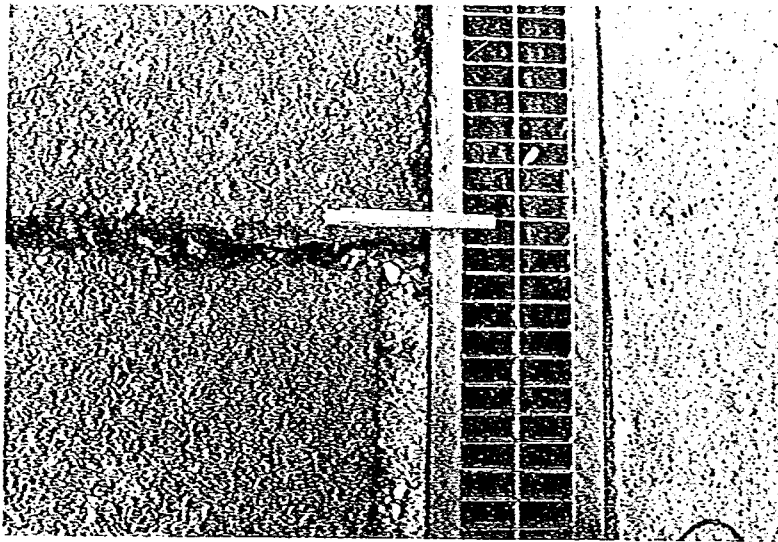


写真-2.12 道路面の亀裂。亀裂には右横ずれの成分が認められるが、周囲には連続しない。西宮市松籟荘。

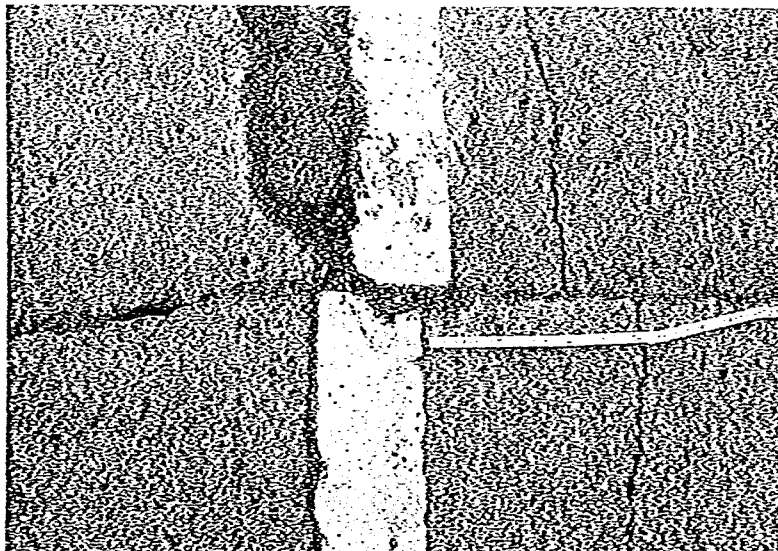


写真-2.13 右ずれを示す道路面の亀裂。右ずれは約 5 cm。西宮市上甲東園四丁目。

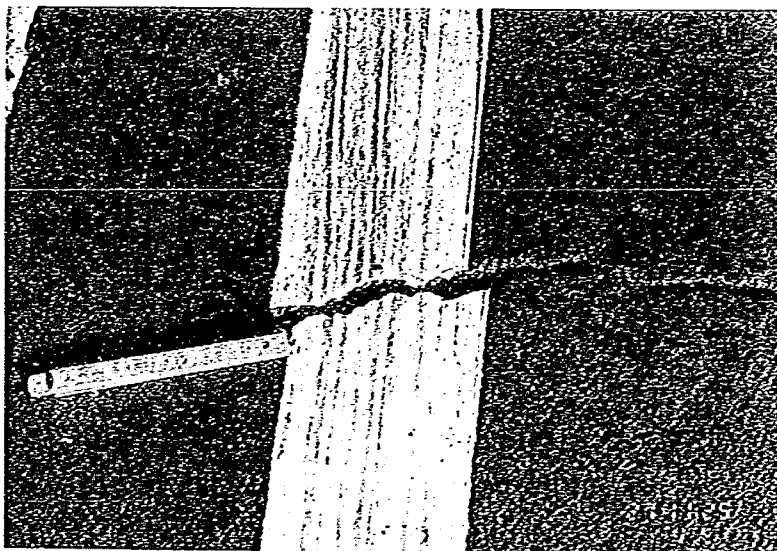


写真-2.14 左ずれを示す道路面の亀裂。左ずれは約 2 cm。西宮市上甲東園一丁目。

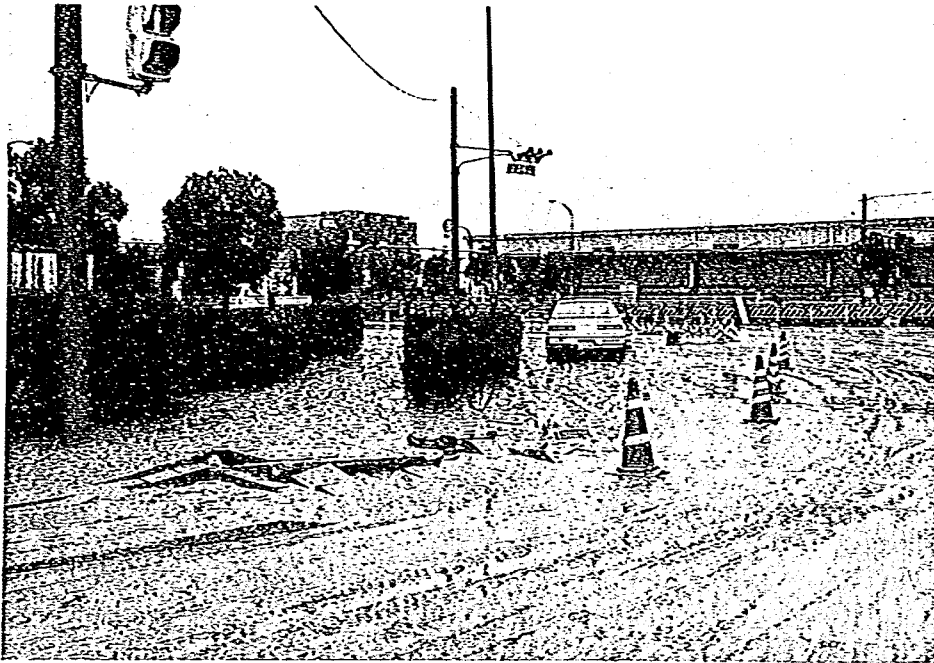


写真-2.15 ポートアイランドでの噴砂の状況。



写真-2.16 噴砂によって地表に出てきたアスファルト塊・岩石塊。
ポートアイランド。

て地がある。このような埋立て地が地震の際に液状化を起こしやすいことは、従前よりいわれていたことである。

今回、現地調査を行った人工島は、神戸市のポートアイランドである。図-2.11は、調査ルートと液状化が認められた地点を示したものである。ポートアイランドの道路面はいたるところ淡褐色になっており（写真-2.15）、液状化による噴砂が生じていることが明らかであった。一部の地域では噴砂により砂とともに岩石塊や混入していたアスファルト塊も噴き上げている（写真-2.16）。しかし、詳細に見ると液状化による噴砂が生じているのは、図-2.11のように島の縁辺部であって中央部では噴砂は生じていない。また、図-2.11で埋立て中になっている南側の区画（現在では埋立ては終わっている）でも、噴砂は生じていない。藤田（1987）によると、ポートアイランドでは六甲山系西縁部の高倉山・横尾山などの風化花崗岩の掘削土砂で埋立てられている。噴砂しているのはこの風化花崗岩（マサ土）である。南側の区画で噴砂していないのは、埋立てに使用した材料の違いあるいは埋立ての工法の違いに起因していると考えられるが、いずれであるか定かではない。

島の縁辺部の岸壁では、液状化による側方流動が原因と思われる地盤の沈下が生じている（写真-2.17）。写真のように岸壁そのものは沈下せず、そのすぐ内側の地盤が沈下している。地盤の沈下は海側ほど著しい。岸壁そのものには適切な基礎工事がなされていたためと思われる。

岸壁よりもさらに内側の噴砂が生じていた場所でも、写真-2.18のように地盤の沈下が生じている。この沈下の範囲は非常に広く、噴砂した砂の量だけ沈下したにしては、沈下量が大きい。主な沈下の原因は液状化による揺り込み沈下であると考えられる。しかし、ポートアイランド線の橋脚や高層ビルなどには外見上の被害は認められない。すなわち、基礎工が地質工学的に適切であれば、液状化の被害は受けないものと思われる。

神戸市長田区駒ヶ林南町の盛土・埋め立て地等では、側方移動及び液状化が多く発生している。側方移動は、海岸線に平行な開口亀裂と、側方移動の著しい場合は圧縮亀裂とのセットが特徴づけられる。また、このような側方移動の中には、開口亀裂から灰白色の細粒な砂の噴砂が認められるものがあり（写真-2.19）、これらについては液状化に伴う側方移動であることが確認できる。一方、長田港の岸壁に平行・隣接した道路では、路面のセンターに顕著に開口亀裂が発生している（写真-2.20）が、これらは噴砂が認められないことなどから、開口亀裂の原因は液状化よりもむしろ軟弱な地盤（盛土）が地震動により海岸方向に移動したことによるものと思われる。

神戸市側の低地では開発が進展するにつれ次のような土地の人工改変が行われたものと推察される。

- i) 昔の池や湿地の部分の埋立て・盛土
- ii) 天井川の外側の斜面の切土・盛土
- iii) 段丘崖の部分の切土・盛土

これらのうち、ii) および iii) の切り土・盛り土については、その認定が困難であるので別項で扱うことにし、ここでは i) について取り上げることにする。

明治18年発行の地形図（旧版地形図）を見ると、神戸市・西宮市・芦屋市周辺には多数の池が存在した。現在、それらの池のほとんどは埋め立てられている。このような場所では、地盤の亀裂の発生や液状化による噴砂が生じている。

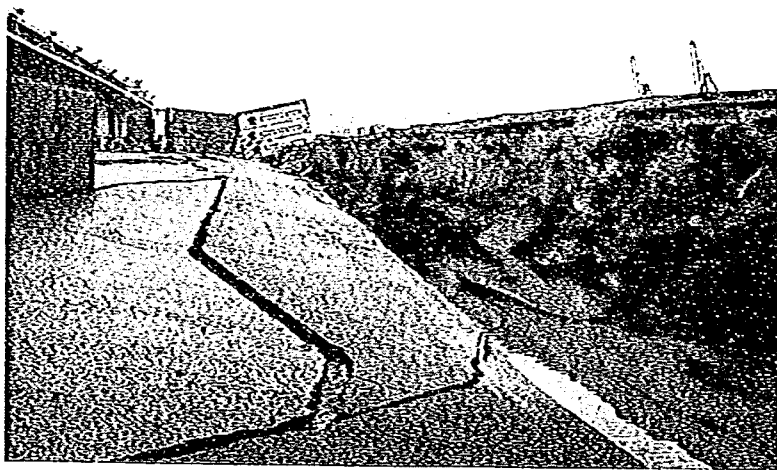


写真-2.17 液状化による岸壁付近の沈下。ポートアイランド。

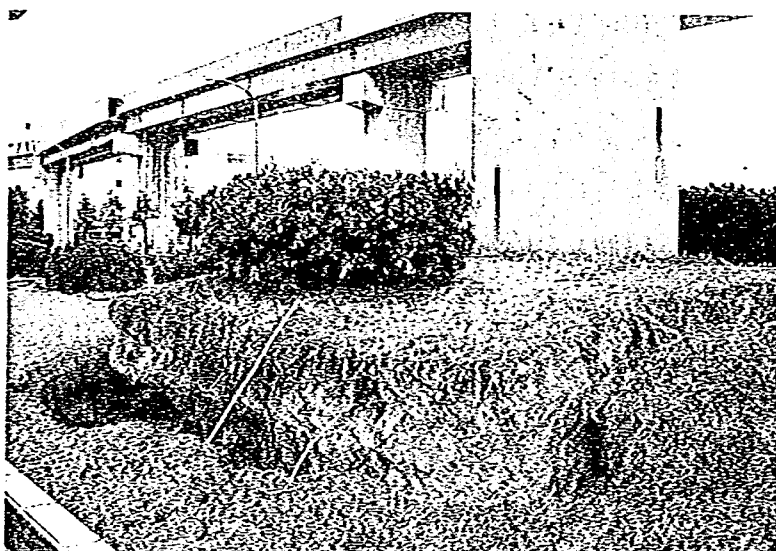


写真-2.18 液状化による地盤の沈下。ポートアイランド線の橋脚の周囲が約80cm沈下している。

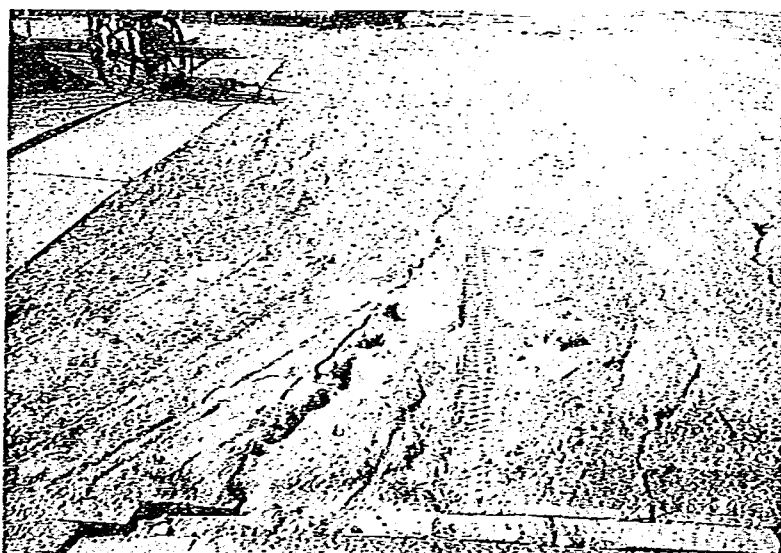


写真-2.19 開口亀裂に沿う噴砂。開口亀裂は東西方向に延びる。神戸市長田区駒ヶ林南町。

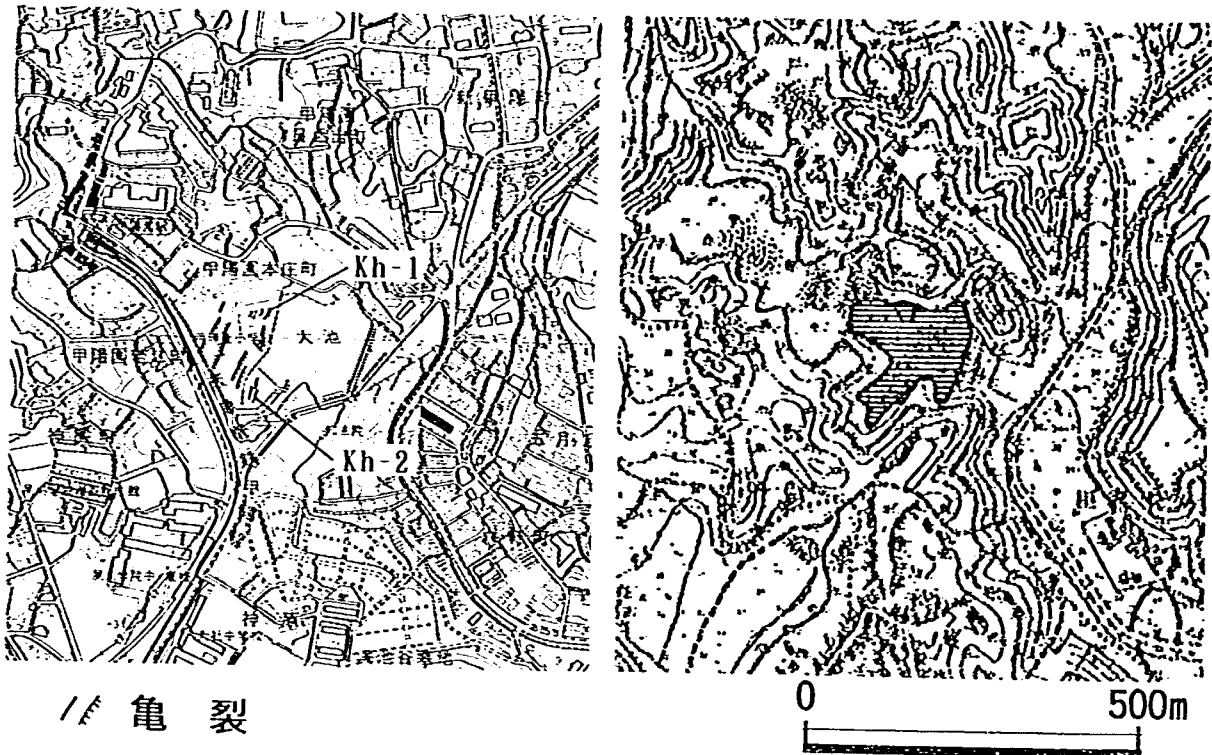


図-2.12 甲陽園小学校と大池の周辺の現在と明治18年の地形。国土地理院発行1:10000地形図「甲山」および大日本帝国参謀本部陸軍部測量局発行1:20000地形図「西宮町」を使用。

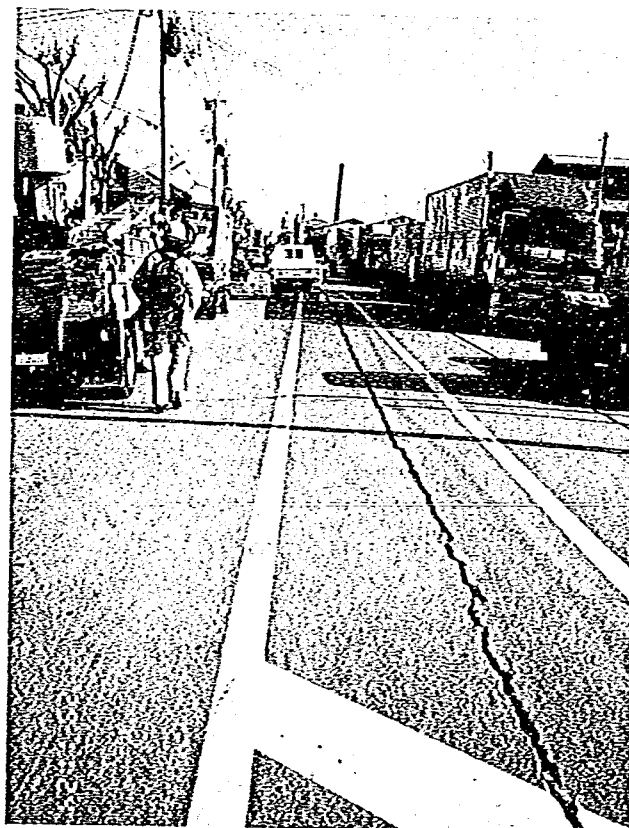


写真-2.20 港に平行する道路上の開口亀裂。神戸市長田区長田港。



写真-2.21 大池の畔に建つ小学校の校庭に見られる亀裂。手前の人物の付近の亀裂が卓越する方向のもの。
西宮市甲陽園本庄町。

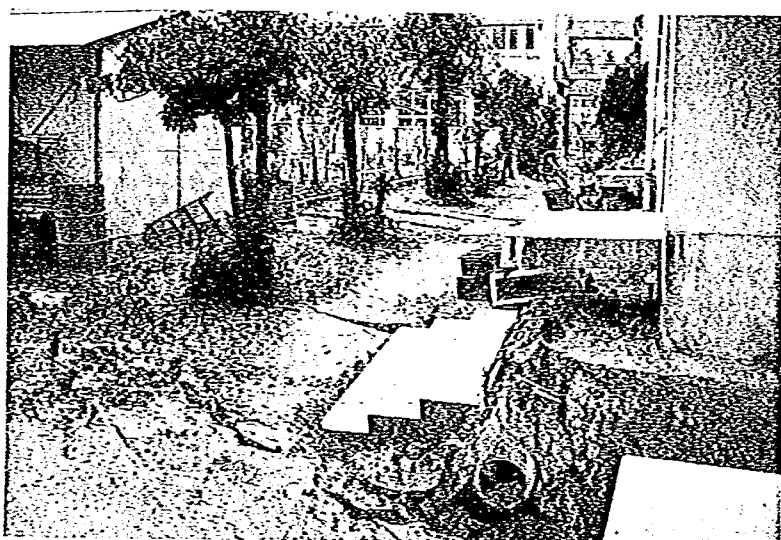


写真-2.22 大池の畔に建つ小学校の地盤沈下。最大の沈下量は約60cmである。大池は写真の手前約5mのところにある。

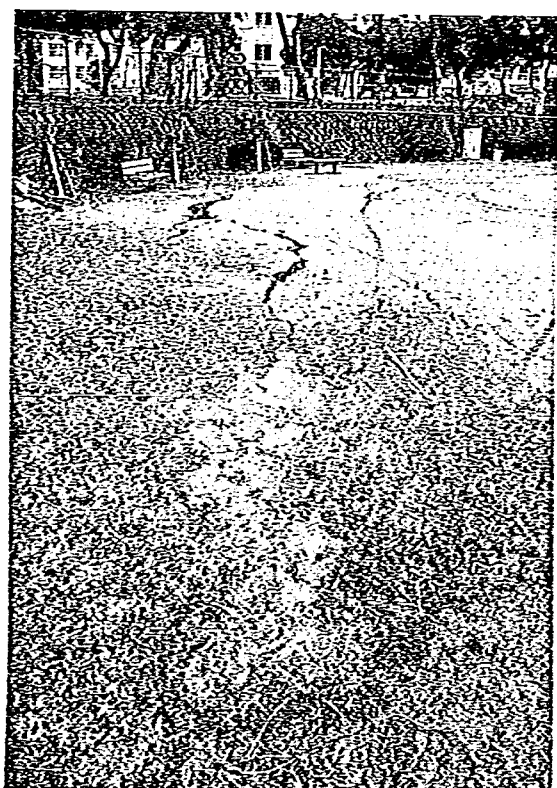


写真-2.23 大池の近くで認められた噴砂の跡。

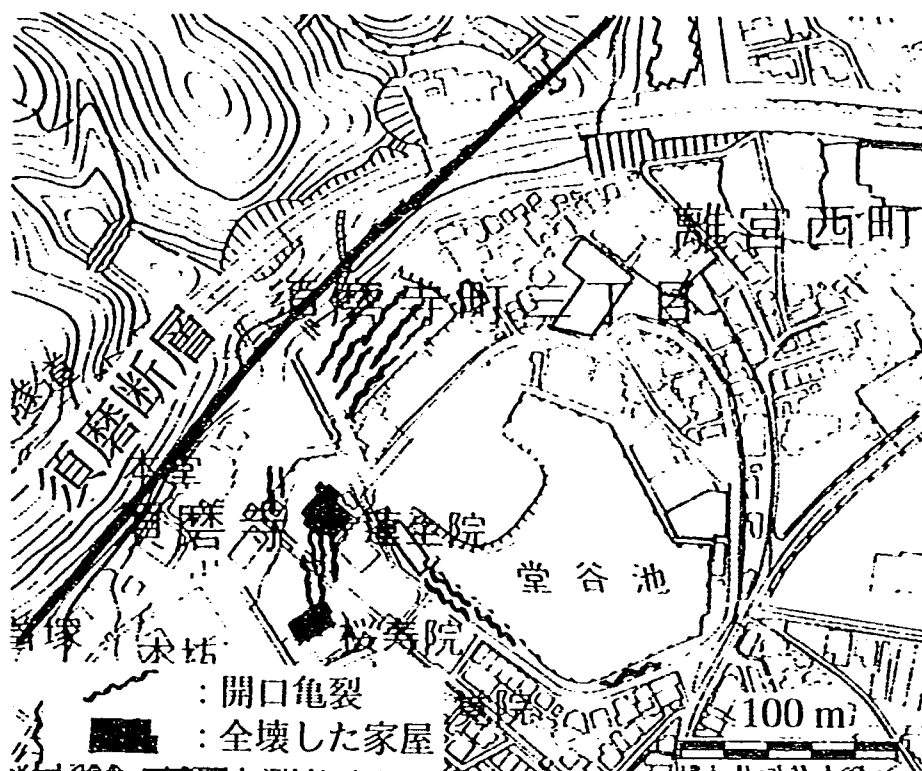


図-2.13 堂谷池周辺に見られる開口亀裂と被害家屋の位置関係。
神戸市須磨区須磨寺町。
国土地理院発行 1:10000地形図「須磨」を使用。



写真-2.24 池に向かう側方移動による開口亀裂。
神戸市須磨区須磨寺町。

甲陽園本庄町にある甲陽園小学校は大池の畔に立地している（図-2.12）。この小学校の校庭には大池の岸とほぼ同じ方向（N20° E）に多数の亀裂が生じ（写真-2.21）、これらの亀裂により池に向かって地盤が階段状に沈下している。最大の沈下量はKh-1地点で認められ、約60cmである（写真-2.22）。亀裂の延長上にある阪急電鉄甲陽線の線路は屈曲している。また、池に近い場所では、噴砂も発生している（Kh-2地点。写真2.23）。この周辺の地形を明治18年発行の地形図（図-2.12）と比較すると、最大の沈下量を示したKh-1地点および噴砂が発生したKh-2地点は、いずれも以前は池であったことがわかる。また、校庭全体も国土地理院発行の土地条件図を見ると埋め立て地となっている（このことは甲陽園小学校の先生からも聞き取りにより確認済み）。このようにこの場所での地盤の亀裂・沈下・噴砂の発生は池を埋立てたことが素因となっているものと考えられる。

神戸市須磨区須磨寺町の堂谷池（図-2.13）の周囲では、写真-2.24に示すように池を取り囲むように開口亀裂が発生しており、地盤が池の中心部に向かって側方移動したと推定される。堂谷池周辺では、この開口亀裂上の家屋が全壊しているが、開口亀裂上にない同様の構造の家屋は大きな被害がないことから、開口亀裂の発生が被害を拡大したと思われる。堂谷池は少なくとも明治18年以前に作られたため池であるが、地形的には元来、北西が山地、南西が段丘、東が扇状地で囲まれた三角形の局所的な沖積低地に位置し、山地側からは表流水や湧水の供給もあることから、池を作る以前から湿地性の堆積物が分布していたと推定される。したがってこのような軟質な堆積物が側方移動を引き起こしているものと思われる。

5) 斜面・切土・盛土と地盤災害

神戸市側の低地には、断層崖・段丘崖・天井川の斜面などの様々なタイプの斜面が存在する。これらの斜面では地震による地盤災害が発生している。前項でも述べたようにこれらの斜面では開発が進むにつれ、切土・盛土が行われてきている。元々このような斜面は平地に比べると重力的に不安定であったことに加え、この盛土が行われていることが、斜面上で地盤災害が多かった原因であると考えられる。ここではいくつかの地盤災害の例について述べることにする。

西宮市本津山町の付近には甲陽断層が走っており、以前は断層崖が存在していたものと思われる。現在ではこの付近は断層崖地形を反映して、南東側へ傾斜斜面を形成している。この斜面上で写真-2.25・2.26・2.27に示すような地すべり様の地盤の重力的滑動が生じている（図-2.4）。斜面の上部では地盤の滑動による道路の屈曲（写真-2.25）、開口亀裂（写真-2.26）や地盤の沈下が発生し、斜面の末端では圧縮性の亀裂（写真-2.27）が生じている。このような現象は地すべり地に見られるものである。

須磨断層や会下山断層沿いの斜面では、局所的に重力性の変状が多い部分がある。例えば、写真-2.28（位置は図-2.13の堂谷池の北西斜面）は須磨断層沿いの切土のり面の崩壊である。こののり面は、花崗岩からなる断層崖の脚部を切土したものである。現地踏査によると須磨断層自体に地表面の変位は認められないことから、崩壊した原因は地震動によるものと推定される。この箇所は元来断層崖であるため周辺に比べ地形が急峻で、地質も破砕等の影響によるものかかなり風化が進んでいる。このようなことが崩壊の素因をなしているものと推定される。なお、須磨断層以外にも、会下山断層の周辺では、斜面の滑りが周辺に比べやや多く発生しているようであり、断層周辺では何らかの影響



写真-2.25 斜面の滑動によって生じた道路の屈曲。この道路は地震以前は直線であった。西宮市木津山町。



写真-2.26 斜面の滑動によって生じた開口亀裂。西宮市木津山町。

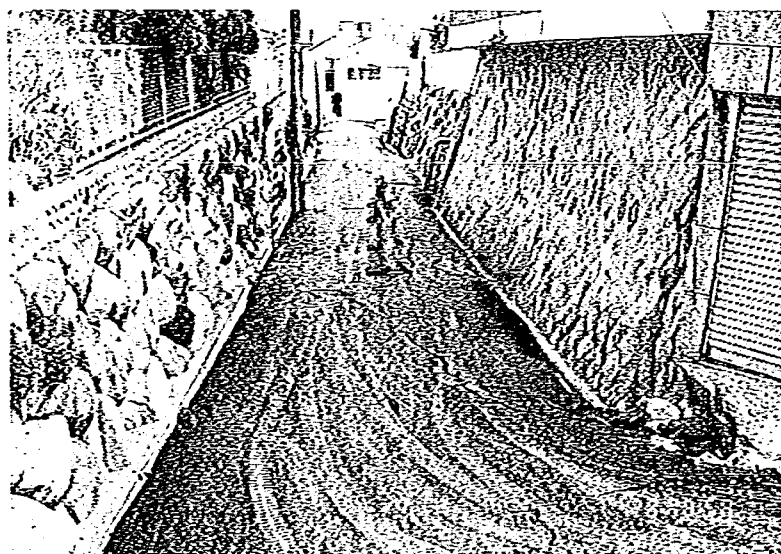


写真-2.27 斜面末端に生じた圧縮性亀裂。西宮市木津山町。



写真-2.28 須磨断層の断層崖の切土のり面崩壊。神戸市須磨区
須磨寺町、堂谷池北西斜面。

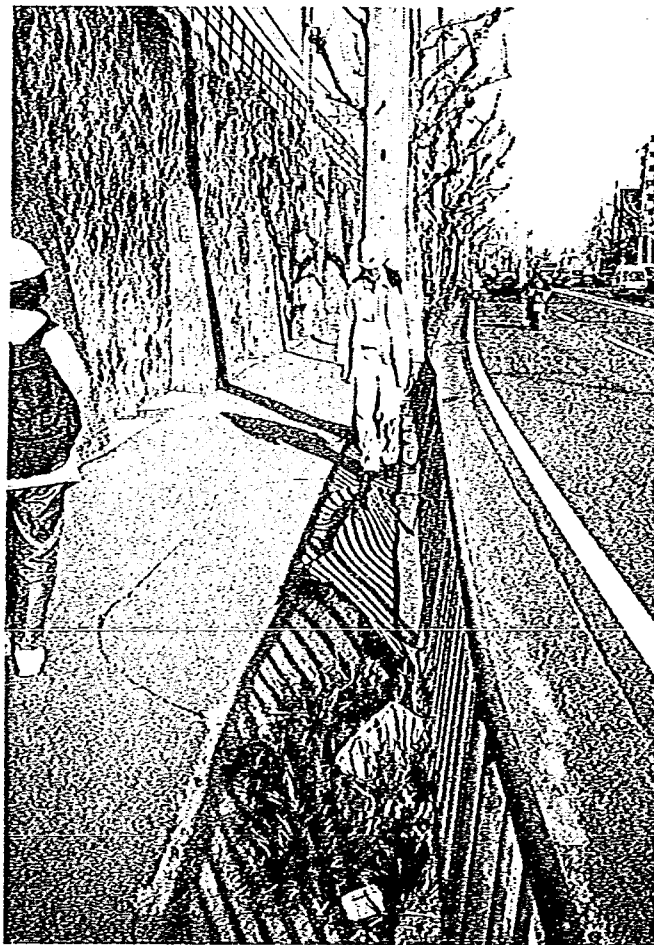


写真-2.29 擁壁の押し出しによる歩道のアスファルトのリッジ状
圧縮亀裂。神戸市須磨区須磨浦通5～6丁目。

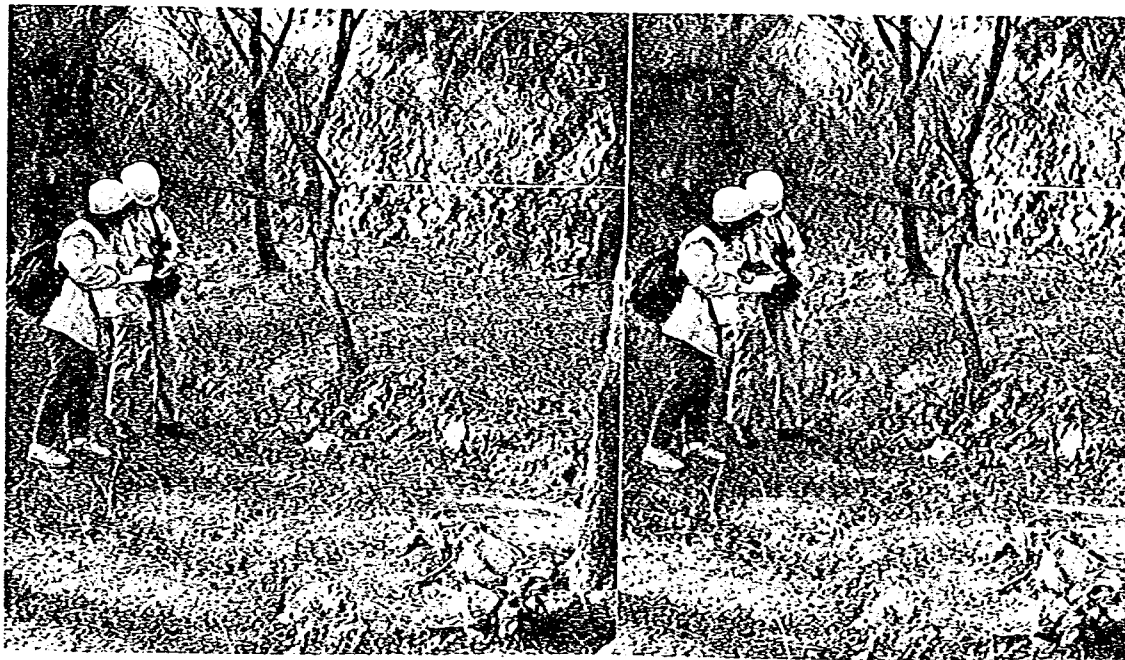


写真-2.30 擁壁の押し出しによる撓曲状の変状。神戸市須磨区一の谷町須磨浦公園内。

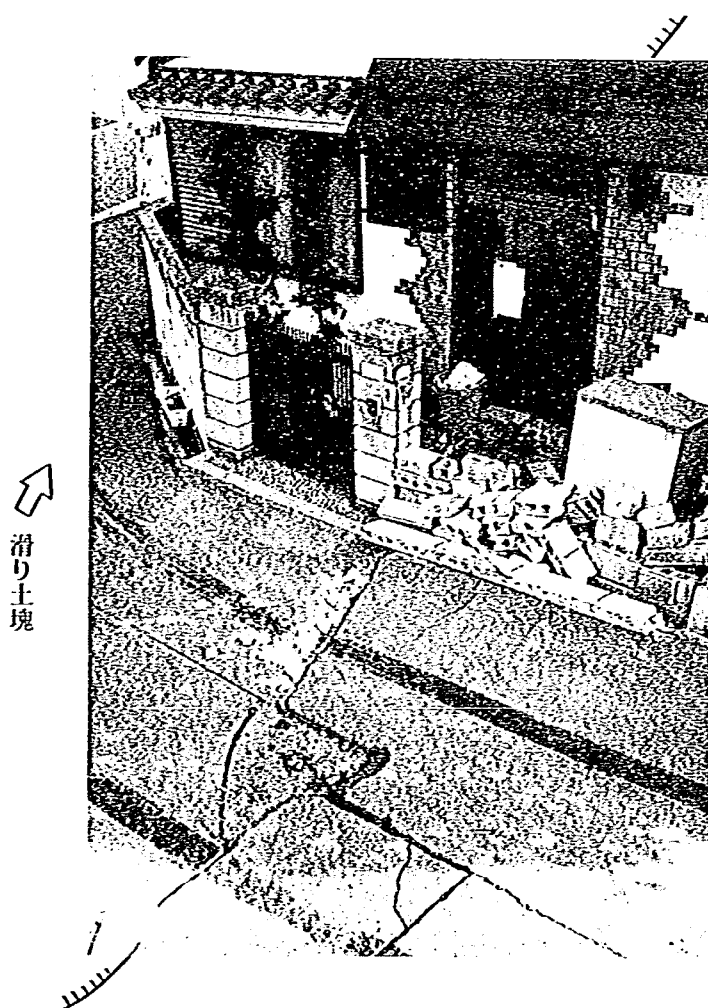


写真-2.31 小規模な地すべり地形をまたいで建築された家屋の被害。写真の左上がすべり土塊で、右上に移動している。神戸市須磨区一の谷町。

で地震動が周辺より強かったために斜面の変動が多く誘発されている可能性がある。

以上のような斜面の上部の開口亀裂、末端の圧縮性亀裂は程度の差はあるが、あらゆる斜面で認められた。このため、断層崖を形成している第四紀断層が、仮に地盤に変位を起こしたとしても、変位の認定は困難になるものと考えられる。

盛土、特に擁壁の周辺や切り盛り境では、上部に開口亀裂、側部では横ずれと縦ずれ、末端部では圧縮亀裂が生じている。写真-2.29は、国道2号線に面したJRの線路の盛土擁壁下の歩道上に発生したリッジ状の圧縮亀裂である。また写真-2.30は、山陽電鉄本線の擁壁の下平坦部に撓曲状の盛り上がりを生じたものである。

写真-2.31は、神戸市須磨区一の谷町の小規模なスプーン状の谷状地形上の住宅地の変状である。路面には段差と右ずれ（それぞれ5～10cm程度）が生じており、その延長線上のブロック塀が崩れている。また家屋は数度傾いている。このスプーン状の谷状地形は小規模な地すべりまたは崩壊跡地とみられ、被害のある家屋はこの谷状地形の右岸側側部にまたぐように建造されていたため被害にあったものである。

長田区の海岸に近い範囲では、盛土地に該当するにもかかわらず比較的家屋の被害は相対的に小さかったが、液状化による開口亀裂をまたぐ家屋では被害が大きい傾向があった（写真-2.32）。

以上の他に、斜面上で宅地の開発がされる場合には切土と盛土がなされるが、このような盛土の部分の小崩壊が多数見受けられた（写真-2.33）。また、鉄道の盛土部においても地盤の沈下、側方流動などが認められた。

6) 石塔や家屋等の倒壊・転倒方向

円柱状～球状の石塔や灯籠等の転倒方向（図-2.14）は、須磨区西部の須磨浦公園付近では測定されたもの全てが南西方向へ転倒している（写真-2.34、写真-2.35）。しかし長田区等では南北方向に転倒するものが多く、灯籠底部にも南北方向の擦痕が認められる（写真-2.36）。なお、長田区では、同じ神社であっても、灯籠の長さにより、短いものは北に、長いものは南に倒れている箇所があった。このことから、灯籠の転倒方向は必ずしも地震の初動の方向を直接反映するものとはいえず、振動の水平成分の卓越方向を間接的に表すものと判断される。また、須磨区西部の敦盛塚では、長さ15cmのほぞが抜けて落下しており（写真-2.37）、上下方向の強い地震動も転倒に寄与していると思われる。

一方、墓石は、角形であることから円柱状～球状の記念碑や灯籠等に比べ転倒方向のばらつきが大きい。

家屋の倒壊方向は、ばらつきは大きいが長田区等では南又は北（特に南）が多い。電柱の傾動方向は、家屋よりもさらにばらつきが大きい。

以上より、倒壊・転倒方向からは、地震動が発生した初動を直接推定することは出来ないが、強い振動の卓越方向の水平成分が、須磨区西部付近では南西～北東方向、長田区付近では南北方向であったこと、また少なくとも須磨区西部では強い上下方向の振動も倒壊・転倒に寄与していることが推定される。

芦屋市霊園では芦屋断層の推定位置付近にある（図-2.6参照）。霊園の南側（甲南中学校・高等学

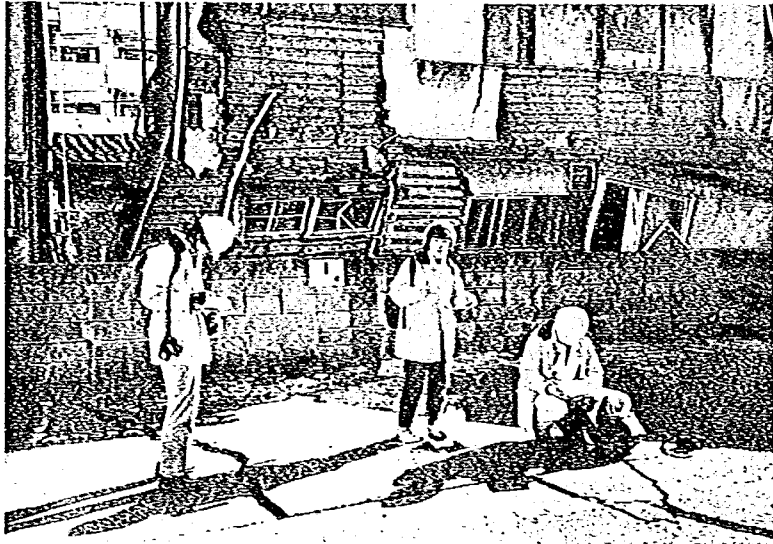


写真-2.32 側方移動による埋立地上の住宅の被害。開口亀裂上の家屋のみ倒壊。神戸市須磨区外浜町。

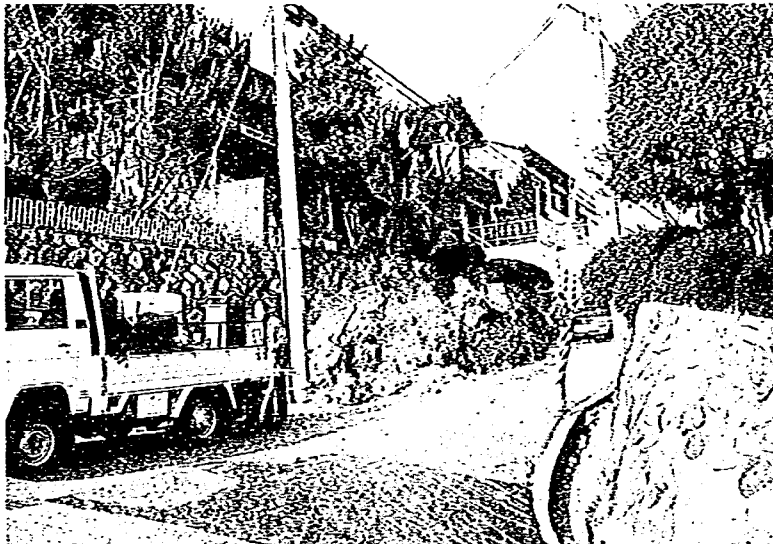


写真-2.33 住宅地の盛土部の小崩壊。西宮市仁川百合野町。

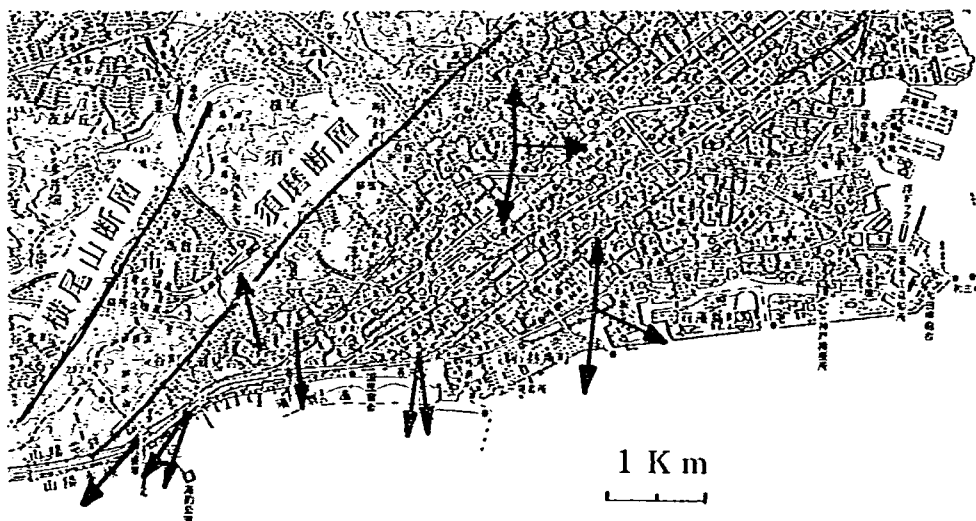


図-2.14 石塔や灯籠(主に円柱状、球状のもの)の転倒方向。
神戸市長田区および須磨区。



写真-2.34 球状のモニュメントの落下。南西方向に落下。
神戸市須磨区一の谷町須磨浦公園内みどりの塔。

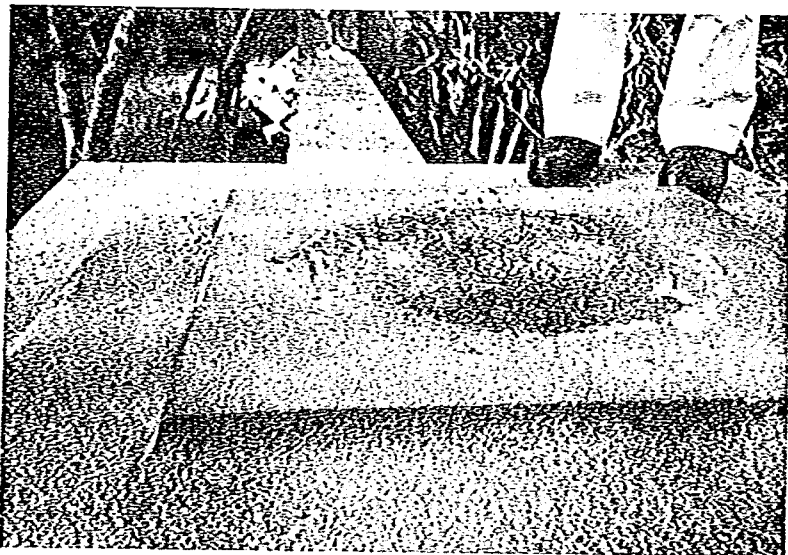


写真-2.35 球状のモニュメントの転倒
方向を示す傷。南西方向に
落下。神戸市須磨区一の谷
町須磨浦公園内みどりの塔。

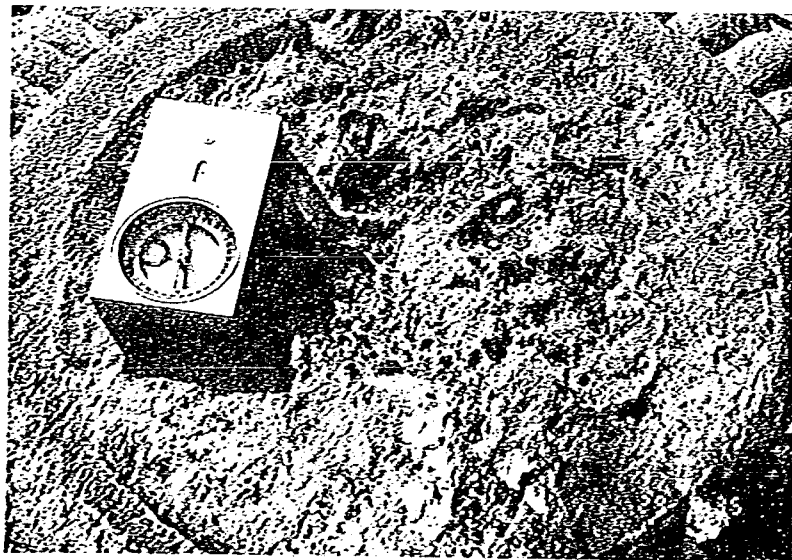


写真-2.36 灯籠の台座にみられる南北
方向の擦痕。神戸市須磨区
天神町綱敷天満宮。

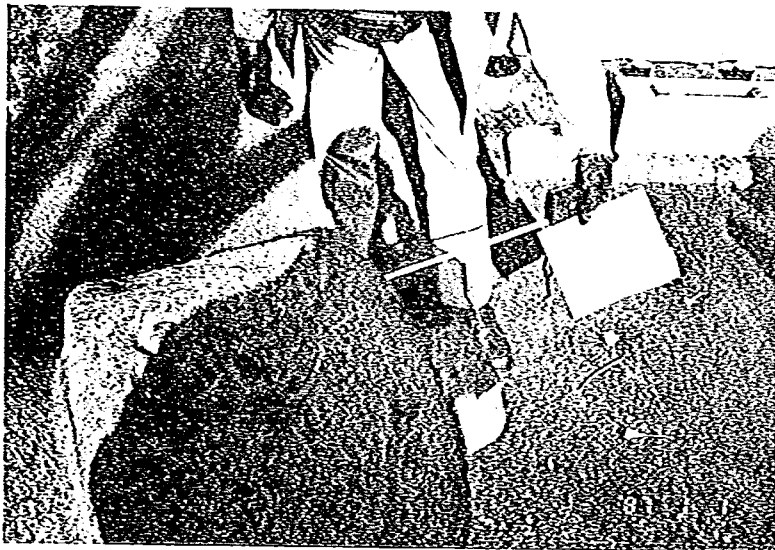


写真-2.37 敦盛塚の石塔の落下状況。塚のほぞの長さは15cm。
神戸市須磨区一の谷町。



写真-2.38 西側に転倒した墓石。芦屋市霊園の低標高部。



写真-2.39 転倒していない墓石。芦屋市霊園の高標高部。

校のすぐ北側)では、墓石はほとんど西側に転倒している(わずかに東側に転倒しているものもある。写真-2.38)。これに対して北側の高標高部では、墓石はほとんど転倒していない(写真-2.39)。この現象と断層との関係は不明であるが、地質との関係が推定される。すなわち、墓石が転倒していない高標高部の地質は確実に六甲花崗岩であり、一方、低標高部では高位段丘堆積物であると推定される。このような地質の相違が墓石の転倒に関与しているものと考えられる。

(5) 地形・地質と地盤災害との関係

今回の地震による地盤災害や建築物の被害には、地形・地質との関係が明瞭に認められる。前節で概観してきたような地盤災害とその素因となった地形・地質との関係は次のようにまとめられる。

i) 道路面の亀裂などの地盤災害や建築物の被害が最も多く発生したのは、沖積低地の部分である。沖積低地の中でも特に被害が大きかったところはマクロ的には次のようである。神戸側の沖積低地の部分で建築物の倒壊状況を見ると、例えば芦屋市と神戸市東灘区の境界付近の南北線上では、倒壊が著しいのはJ R東海道本線から国道43号線にかけてである。この範囲よりも山側あるいは海側の沖積低地では倒壊率は低くなる。このような傾向は他の南北断面においても同様で、このような被害の集中域はほぼ海岸線と平行に帯状に分布している。この被害の集中域は1995年2月7日に気象庁から発表された震度7の地域である。沖積低地の中で、このような帯状の被害の集中域が生じた原因として、沖積底下の未知の第四紀断層(伏在断層)が動いた、沖積低地の中でも特に軟弱な地盤の部分に被害が集中したの2点が考えられる。池田(1995)は墓石の転倒から得た地震の初動の方向の解析から、この帯状域の部分に伏在断層があると推定している。しかしながらこの地域の沖・洪積層の南北断面(図-2.15)を見ると場所により地質構造や構造物が異なっていることがわかる。このような地質の相違が被害の帯状分布に関与している可能性もある。被害の帯状分布の解明は今後の課題である。

沖積低地での被害の集中域は上述のように帯状に分布しているが、この範囲も含めて被害の状況を細かく見ると、被害の様子は以下のように大きく分けることが出来る。

- ・道路面には建築物には被害はない。
- ・道路面には亀裂やうねりなどの被害が認められるが、建築物、土木構造物には被害はない。
- ・道路面には被害はないが、建築物や土木構造物には被害がある。
- ・道路面、建築物および土木構造物のすべてに被害が認められる。

今のところ以上のような被害のタイプ分けの地理的分布については未調査であるが、このような被害のタイプは渾然一体となっているのではなく、ある程度のまとまりをもって分布しているように見える。このような被害のタイプの相違は三次元的な地質(構造・構成物)に支配されている可能性が強い。

今のところ沖積低地の中で地形・地質と被害との関係が明らかであるのは、盛土部、池の周辺、埋立て地で地盤被害が多いことである。

ii) 一方先第四系の地質から構成されている山地部や高位段丘上では、地盤災害や建築物の被害はほとんど生じていない(六甲山地の斜面崩壊は除いて)。これは地盤の固結度が高いため、未固結の沖積層に比べ地震動の強さが小さいためである。

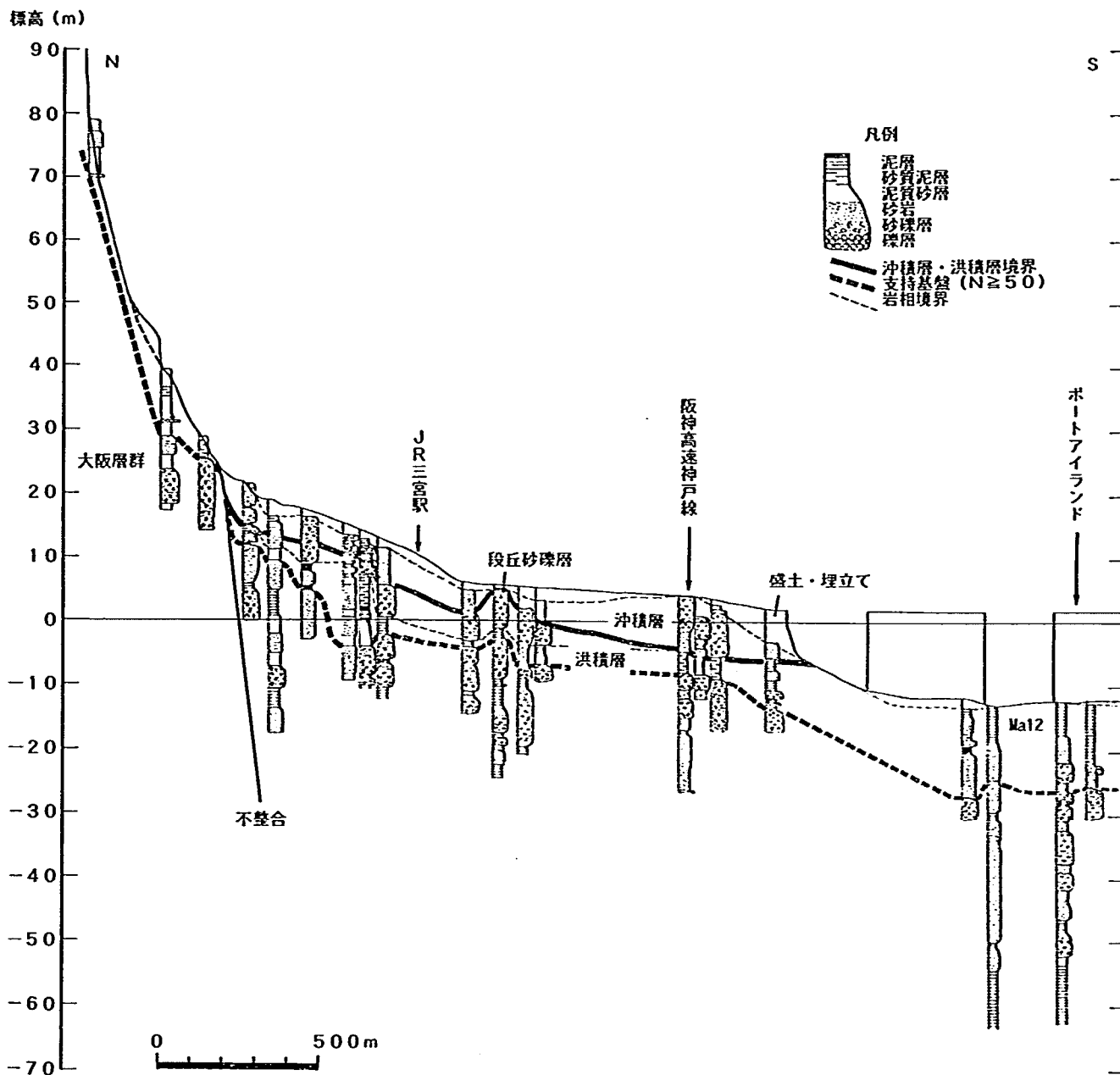


図-2.15 神戸市中央区北野3丁目からポートアイランドにかけての沖・洪積層の地質断面。

iii) 調査の範囲内では、神戸側で直接、既存の第四紀断層によると思われる地盤の変位や地震断層は認められなかった。ただし、五助橋断層・芦屋断層・渦ヶ森断層では、断層の推定位置の付近で他の場所よりも道路の亀裂・斜面の崩壊・建築物の倒壊が多くなる傾向がある。これらの箇所では被害と断層との関係が考えられる。しかしながら、断層の推定位置は地質や地形の境界でもあるので、このような境界に当たることが被害の直接的原因である可能性もある。

iv) 海岸部あるいは内陸部の埋め立て地では液状化が発生している。液状化により噴砂・地盤の流動・地盤の沈下が生じた。しかし、すべての埋め立て地で液状化が発生した訳ではなく、埋立て材料あるいは工法の違いで液状化が発生していないところもある。

v) 断層崖・段丘崖などの斜面では、斜面の傾斜方向へ重力的な滑動によって地盤災害が発生している。斜面の上部で開口亀裂や沈下が生じ、末端で圧縮亀裂が生じている。このような現象は一般的な地すべりが認められるものである。断層崖の末端では圧縮性の亀裂がマクロ的には直接的に配列している。

(6) 今後の課題

今回の地震では、不幸にして多数の方々がなくなり、また多くの土木構造物をはじめとする社会資本が甚大な被害を受けた。今後の地震防災を確実なものとするためには、今回の被害の綿密な分析が急務である。特に各種被害と地形・地質との関係が明らかであったため、この点を次のような観点からさらに詳細に検討する必要がある。

i) 地形・地質と各種被害の関係の詳細調査

沖積低地と高位段丘・山地部の被害の相違の詳細、沖積低地部での被害集中の帯状部の詳細、沖積低地部でのタイプ別被害の分布などの調査が必要である。

ii) 地形・地質と各種被害の因果関係の検討

上記のような地形・地質と被害との間の関係が生じた原因について検討する。そのためには、地震動の卓越方向の三次元的分布、地形条件と地震動（振幅・加速度・周期）との関係、地盤・岩盤の物性および三次元構造と地震動との関係を明らかにしていく必要がある。

iii) 第四紀断層と各種被害との関係の検討

今回の地震でも詳細は明らかではないが、一部の既存の断層の付近で被害が相対的に多くなる傾向が認められた。この因果関係を明らかにしておく必要がある。

さらに今後の地震防災のためには、次のような検討が必要である。

iv) 震源断層としての第四紀断層の評価法の開発

第四紀断層は今回の地震のように内陸の直下型地震の震源になりうるものであるため、活動性の評価法、断層群の評価法、沖積層下の伏在断層の探査・評価法などの開発が必要である。さらに詳細な第四紀断層の分布図を作成するとともに第四紀断層に関するハザードマッピングが必要である。

謝 辞

1995年1月21日～23日の現地調査は、サンコーコンサルタント（株）の遠藤慎一支部長、矢野哲太

郎部長代理、柴田辰広課長代理に現地での調査にいろいろとご協力いただいた。また、1月27日～29日および28日～30日の現地調査は建設省国土地理院、専修大学、京都大学との合同で行ったものである。調査に参加された、国土地理院熊本洋太課長、宇根 寛課長、関口辰夫係長、大谷知生技官、専修大学文学部太田陽子教授、京都大学理学部戸田 茂氏には、現地にて種々のご教示をいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 藤田和夫・笠間太郎 (1982) 大阪西北部地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅)、地質調査所、112p。
- 藤田和夫・笠間太郎 (1983) 神戸地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅)、地質調査所、115p。
- 藤田和夫・前田保夫 (1984) 須磨地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅)、地質調査所、101p。
- 藤田 崇 (1987) 大阪湾の埋め立て。地域の地質、6、近畿地方、共立出版、東京、p.211。
- 池田安隆 (1995) 神戸の直下で伏在断層が動いた？ 科学朝日、緊急増刊、pp. 30-31。
- 本州四国連絡橋公団 (1988) 明石海峡大橋の設計地盤常数設定報告書。p.2。
- 池辺展生 (1959) 近畿における旧象化石の分布。第四紀研究、1 巻、pp.109-118。
- 石田志郎・佐藤隆春 (1987) 神戸層群。日本の地質、6、近畿地方、共立出版、東京、pp.124-126。
- Kasama, T and Yosida, H (1976) Volcanostratigraphy of the late Mesozoic acid Pyroclastic rocks of the Arima Group, Southwest Japan. Journal of Geosciences, Osaka City University, vol.20, pp.19-42.
- 活断層研究会 (1991) 新編日本の活断層、東京大学出版会、東京、437p。
- 近畿地方土地地質図編纂委員会 (1981) 近畿地方土地地質図解説書。(財) 国土開発技術研究センター、東京、376p。
- Morozumi, Y (1985) Late Cretaceous (Campanian and Maastrichtian) ammonites from Awaji Island, Southwest Japan. Bulletin of Osaka Museum of Natural History, vol.39, pp. 1-58。
- 中島和一 (1987) 領家帯の花こう岩類、淡路島。日本の地質、6、近畿地方、共立出版、東京、pp. 45-46。
- 力武常次 (1981) 日本各地の地震危険度。サイエンス社、東京、259p。
- 田結庄良昭 (1987) 山陽帯の花こう岩類、六甲山地、日本の地質、6、近畿地方、共立出版、東京、p. 50。
- 地質調査所 (1992) 100 万分の 1 日本地質図 第 3 版。
- 吉川周作 (1987) 大阪層群。日本の地質、6、近畿地方、共立出版、東京、pp. 133-140。

第3章 施設被害の概要

土木研究所被害調査団 道路班

3-1 道路施設等の被害

(1) 調査概要

橋梁を除く道路施設の震災被害の状況、及び災害後の交通状況を把握するため、2回にわたって調査を実施した。

第1回調査団 調査期間：平成7年1月20日（土）～21日（日）

メンバー：中垣、松村、中村、今長

調査地区：西宮市今津及び神戸市深江地区周辺の国道2号及び43号沿線

第2回調査団 調査期間：平成7年1月24日（火）～27日（金）

メンバー：安崎、木嶋、榊原、西川、酒井、大脇、松原、瀧澤

調査地区：西宮市、芦屋市、神戸市（東灘区、灘区、中央区）の国道及び街路を含む地域

橋梁を除く道路構造物に関しては、今回の地震の被害は比較的軽微といえるが、被災後の阪神地区の交通が国道2号及び43号に集中し、緊急車の通行に支障をもきたすほどの大渋滞を生じた。したがって、非常時における道路交通処理対策の検討が今後の課題といえる。

(2) 舗装の被害

- ①道路舗装の震災による損傷は、全体的にみて軽微なものであった。車道舗装について見れば、道路の縦断方向、あるいは横断方向に幅数mm～3cm程度のクラックが散在してみられるものの、相当な延長で全線にわたって発生しているようなものはなく、局部的なものにとどまっている。
- ②クラック発生による段差は、構造物との取り付け部を除けば大きいものでも1～数cm程度であり、加熱合材あるいは常温合材による応急的な簡単な摺り付け工事を行うことによって当面の交通にはなんらの支障をきたさないものであった。
- ③幹線道路とこれに交差する細街路との箇所には、細街路側の舗装厚が急に薄くなっている部分に相当する位置で比較的多くの横断クラックが見うけられた。
- ④車道と歩道との境界部の縁石あるいはL型側溝と車道部舗装との間に段差あるいは空隙（開き）が多数、見受けられた。その段差量あるいは隙間の開きは数mmから数cm程度である。
- ⑤歩道舗装も車道舗装と同様に、被害はないかあってもおおむね軽微なことが多かったが、三宮地区など一部の地区では、歩道の通行が不能なほど破損が生じているものが見受けられた。この場合、沿道のビルと著しい段差（10～50cm）を生じていることが多い。多くは、ビル側の方が高くなっている（歩道部が沈下）。また、その付近の車道部の損傷はあまりなく歩道部に被害は限定されている。
- ⑥歩道舗装に損傷が認められた箇所は、植栽、バス停、電話ボックスや固定されたストリートファー



図-3.1.1

ニチュアなどにより断面構成が前後と異なる複雑な舗装断面となった箇所が多い。

⑦歩道のインターロッキングブロック（I L B）や平板ブロック舗装も、三宮地区など建築物に相当な被害が生じた箇所でも、建築物の段差が著しくなかったところでは、比較的健全なものが多い。ブロックの噛み合わせ部分が外れて舗装が一部、破損している箇所はあっても、それが全面にわたって生じているものは殆どなく、局部的な補修で対応できる。

⑧海岸部に近い箇所の歩道部には液状化による噴砂の跡が一部に認められた。ただ、これにより歩道が大きく陥没するなどの損傷は認められなかった。（写真3.1.1～3.1.5）

（３）安全施設の被害

①車道と歩道間及び路肩に設置されている防護柵の今回の震災による損傷は、全くないかあっても縁石の移動に伴って傾斜した程度で軽微なものが殆どであった。ただ、沿道の建築物の下敷きになって損傷を受けているものはある。

②横断歩道橋についても、被害はいかあっても軽微である。見受けられた損傷としては、橋脚部と主桁部とのジョイント部における１～３cm程度の横方向のずれやわずかな変形で使用上は支障のないものである。なお、地形の勾配の変化が大きいため、橋脚の代わりに盛土擁壁によるアバットとなっている構造の横断歩道橋については、アバット部が沈下し、主桁部と橋台との間に約10cm程度の段差を生じているものもあった。（１箇所）

③地下横断施設についても調査した範囲では一部の施設に限定されるがクラックが駅体の横断方向に全周にわたって発生しているのが認められた。（三宮地区）（写真3.1.6～3.1.7）

（４）標識、照明の被害

①標識柱、照明柱についても被災したものは殆ど見受けられなかった。標識柱で一箇所、損傷を受けているものがあったが、損傷部の状況からみて震災前から異常があったためと思われるものであった。

②照明柱でデザイン的に凝ったもので、単純な構造でないものについては、照明器具の落下などの被災を受けたものがあった。

（５）沿道の倒壊家屋等と道路

①沿道の家屋、塀等の倒壊により、車両あるいは歩行者の通行が制限され、あるいは完全に妨げられている道路が、調査箇所全般にわたって数多く見受けられた。幅員が狭い道路では、小さな住家の倒壊でも完全に通行不能になっていることが多いが、歩道が広い道路の場合は、ビルが倒壊していても歩道部だけが通行不能になるだけで、車道部の車両走行にさほどの支障がないものが多い。

②石垣、ブロック塀については、地区により倒壊しているものが数多く見受けられた。ブロック塀の場合、鉄筋による補強がしてあるものの、今回のような大きな地震では基礎から倒壊している。また、写真でもあるように、通学路に沿った高いコンクリート塀が完全に崩壊しているものもあり、もし、地震が児童の登下校時であったならばと考え込むものもあった。

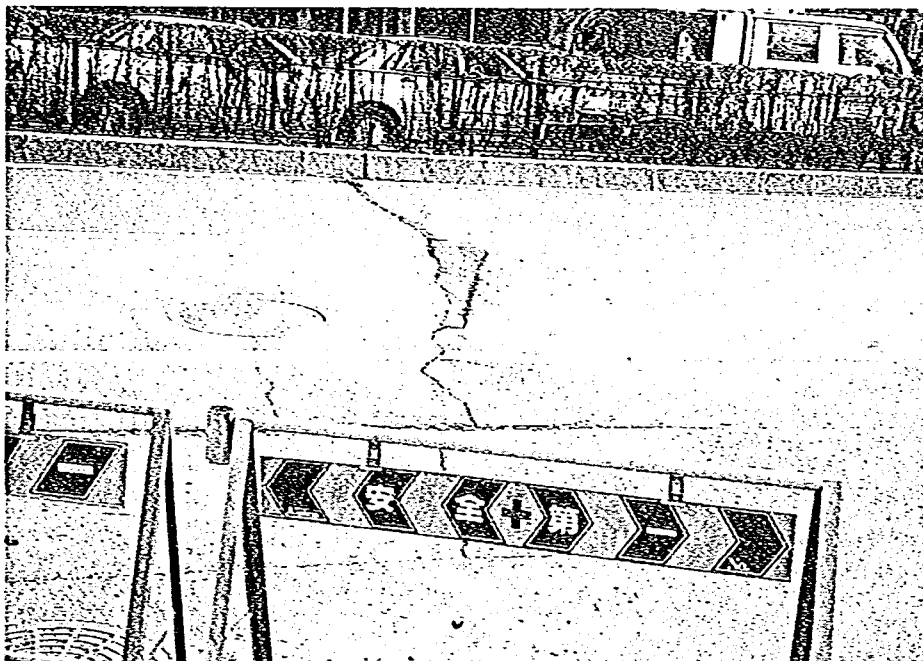


写真-3.1.1 車道舗装に生じたクラックと段差すり付け補修



写真-3.1.2 歩道部の沈下により生じた歩道舗装破損

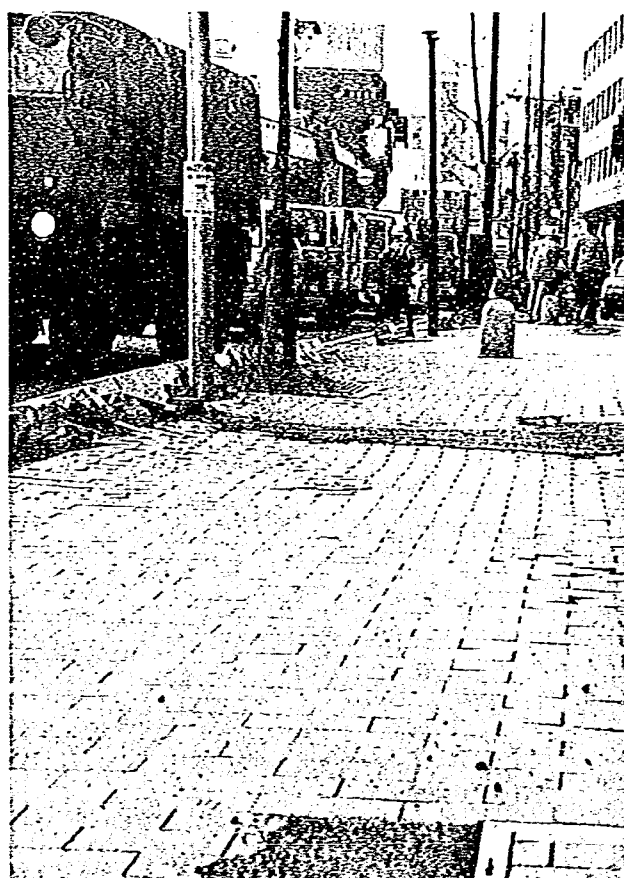


写真-3.1.3 歩道部舗装の応急工事

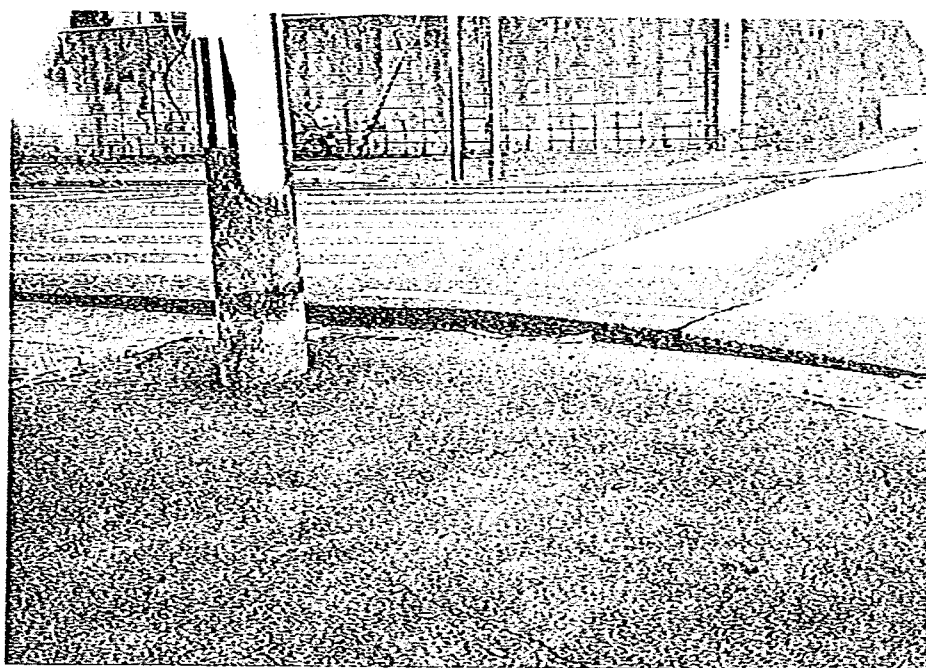


写真-3.1.4 車道と歩道とに生じた段差



写真-3.1.5 歩道の液状化の残跡



写真-3.1.6 歩道舗装と防護柵の破損



写真-3.1.7 地下横断歩道施設に生じた
クラック

- ③沿道の建築物からの歩道への落下物も各所で見受けられたほか、沿道の工作物や塑像などが地震で倒壊し、歩道に散乱しているものもあった。(写真3.1.8～3.1.12)

(6) 道路の防災機能

- ①火災については、延焼面積の広がった神戸市長田区内の調査はできなかったが、神戸市東灘区など火災発生箇所の状況を調査した。調査箇所の火災は長田地区に比べれば、小規模なもので、面積は1,000～2,000㎡程度である。これらの箇所では、焼失した家屋は道路（幅員4～6m程度）または外壁が耐火構造のもので止まっている。
- ②道路が家屋倒壊物から生ずる瓦礫の一時置き場となったり、あるいはゴミ置き場となっていて、交通の支障となっているものもあった。
- ③調査時期は地震発生後、約1週間経過した時期であるが、道路脇のポケットパークに仮設トイレを設置している箇所もあった。(写真3.1.13～3.1.14)

(7) 被災後の道路交通状況と規制

- ①被災後の交通は阪神高速の神戸線、湾岸線、及び名神高速が不通になったこともあり、国道2号及び43号に集中し、阪神高速の復旧工事に伴う43号の車線数の削減もあって、著しい交通渋滞を生じている。それに対し、これと平行している山手幹線の交通は比較的スムーズに流れていた（神戸市東灘区）。
- ②国道2号には1月20日から災害復旧のための専用道路とするための交通規制がなされているが、調査した時点（1月24、25日）では、緊急車の標識をつけた車両以外にも多数の一般車両が走行していた。
- ③国道の主要交差点では警官による交通規制（交差街路から国道に流入する車への規制）がなされているものの、その他の交差点からの流入はなんら規制されていない。また、一度、国道に流入した一般車両の排除も実質的にされていない。
- ④渋滞した国道では、サイレンを鳴らした緊急車両の通行もままならない状態であり、このため信号の合間を縫って、車両の少ない逆方向の車線を走行する緊急車も見受けられた。
- ⑤緊急物資の輸送に小型車が多く使われていることも、交通量が多くなるだけでなく、一般車と緊急物資輸送車との識別が困難になって、交通規制が徹底しない原因の一つとも思われた。また、これら貨物車や乗用車で積載率や乗車率の少ない車（帰り車？）も多数、交通規制をしている国道を走行していたので、これらは別ルートに迂回させることなども渋滞緩和の方法として考えられる。
- ⑥国道では、一般車の走行が（徹底していないものの）規制されているためか、歩行者や自転車、自動二輪の通行も多く、このことによる速度低下が、容量に対する交通量の多さとも相まって著しい渋滞を招いている。また、これら道路では歩道を走行する自動二輪が数多くあった。
- ⑦長距離輸送のトラック（遠方の他県メンバー）も数多く見受けられた。迂回路の情報提供が早めに、また的確に伝えられているならば、被災地を最終目的地としない、通過交通は減少すると思われる。
- ⑧幹線道路の一部の箇所ではあるが、倒壊したビル周辺での交通整理が民間の整理員によってなされ

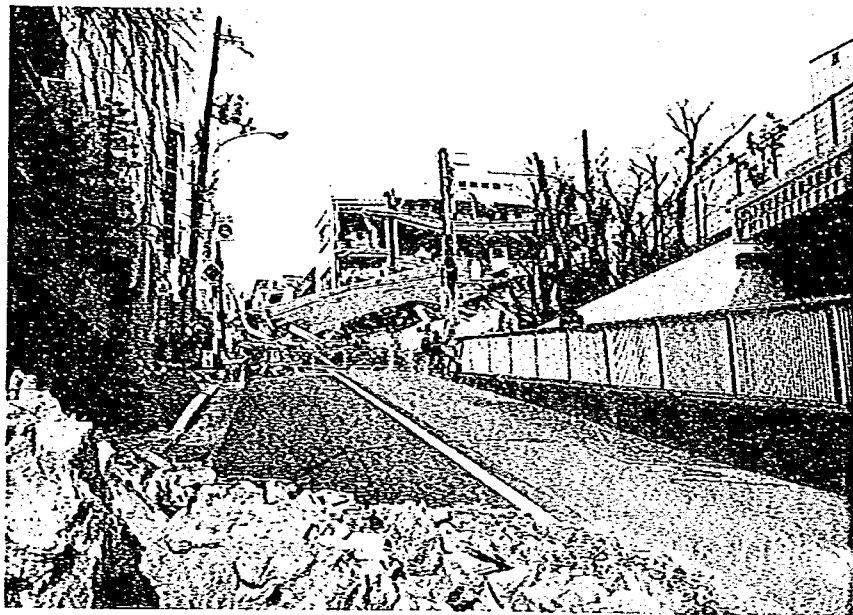


写真-3.1.8 ビルの倒壊による
交通止め

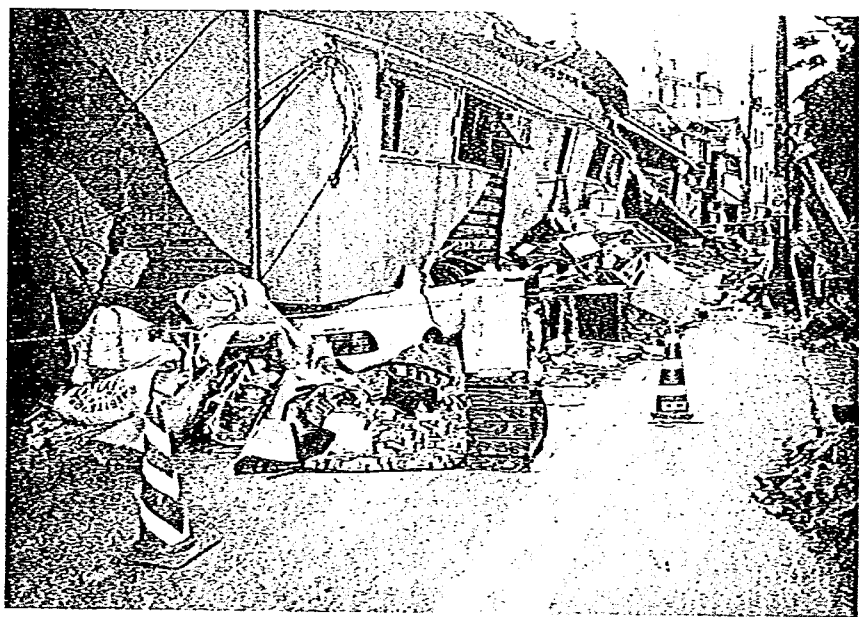


写真-3.1.9 家屋の倒壊による
細街路の交通止め

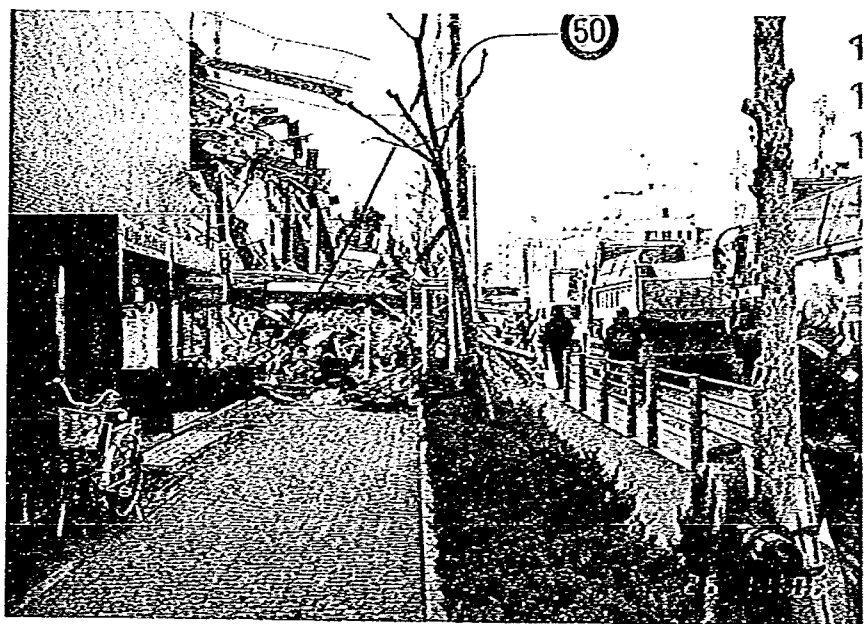


写真-3.1.10 歩道を占領した
倒壊家屋



写真-3.1.11 登校路沿いの倒壊した
コンクリート塀



写真-3.1.12 路上に散乱する沿道建物からの
落下物

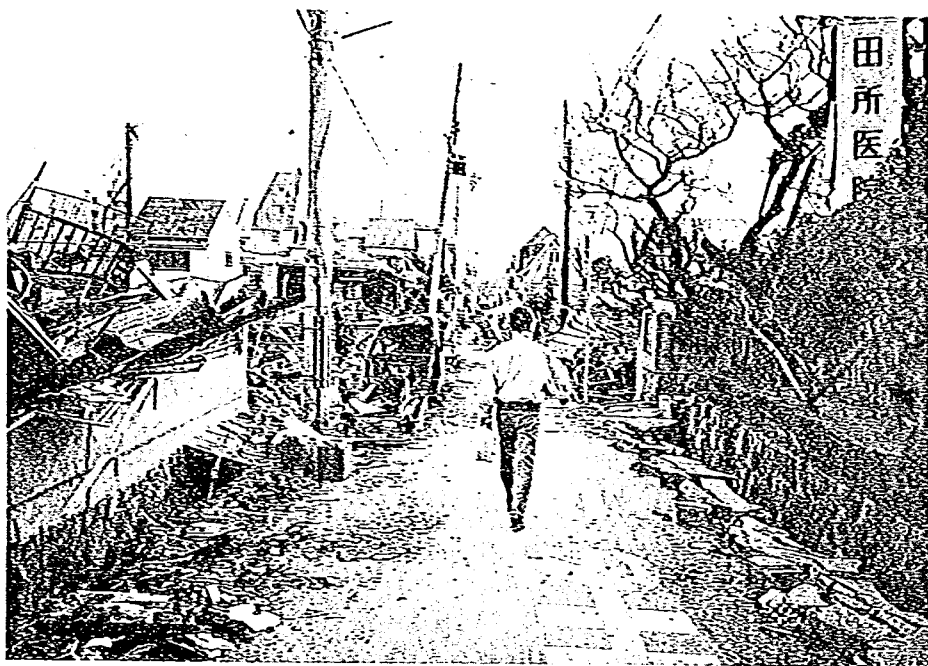


写真-3.1.13 焼失した家屋



写真-3.1.14 沿道の仮設トイレ

ていた。但し、多くの箇所では通り抜けてできない箇所も、その場について初めてわかるという状態である（見通しがきかない場合）。このことが、現地の状況がよくわからない通過するだけの車両（あるいは人）が、通れることが確実な幹線道路に集中する一因とも思われる。（写真3.1.15～3.1.17）

（８）交通結節点での状況、及び情報提供

- ①第２次調査団が調査した時点は、大阪と神戸三宮を結ぶ鉄道では、阪急電鉄が梅田から西宮北口駅まで、阪神電鉄が青木駅まで復旧した。神戸市からの鉄道利用者はそこから代替バスを利用することになるが、バスの走行時間は国道が恒常的に渋滞しているため、相当の時間がかかる状態である（バス会社の整理員によると、25日の朝で三宮～西宮北口間は３時間以上かかるという話であった）。乗客は、それ以外にも朝夕にはバスに乗れるまで長時間待たなければならない状態でもある。
- ②駅前広場が整備されていないので、バスの発着場は駅から離れた地点にあり、手書きによる案内図の掲示や誘導員も配置されていたが、地理に不案内の人への情報は必ずしも十分でなく、周囲に道を尋ねる人が多く見られた。
- ③バスの運行が①の状態なので、自転車の利用者も多く、駅前の歩道は臨時の自転車置き場と化していた。
- ④幹線道路では、沿道の住民が手書きで、最寄りの駅までのルートや幹線道路までの道を掲示している例も多く見受けられた。
- ⑤地震発生後ある程度日時がたつにつれ、倒壊した建築物の整理も一部で進行しているが、それに伴ない、通行不能な箇所もあった。これらによる局所的な不通箇所は毎日変化するので、その動的な情報を扱う機関あるいは情報提供手段が望まれる。（写真3.1.18～3.1.20）

（９）今後の（研究／検討）課題

①防災空間としての道路

今回の地震災害にあって、市民の日常生活で道路が果たしている重要性がいかに大きいことが再認識された。阪神高速道路の橋梁の損傷が重大に受け取られているのも、その市民生活への影響が甚大なことの反映でもある。被災者の救援活動、被災地の復興にも道路なくしてはあり得ない。

消火活動が殆どできなかった中で、火災の延焼防止に道路がまがりなりにも有効に機能したことは、類焼した家屋と被災を免れた家屋が道路を境にしていることから明らかである。

また、被災時の道路にも、歩道も含めて幅員に余裕があるかどうかその後の道路の利用のされ方に大きな差が生じている。その意味で、幅員構成などの道路構造そのものについても検討を加え、道路を防災都市づくりの根幹に据え、新しい都市づくりを考えていくことが肝要であろう。

②震災時における道路交通情報の収集と提供

今回の震災にあたって、被災した市民は情報が入手できないことに不安を感じ、いらだっていたことは各種の報道からも明らかである。道路交通に限っても、幹線道路に交通が集中したのは、交通規制のあり方にもよるが、目的地に行える代替路の情報が不足し、確実にいける道路に集中したこともある。

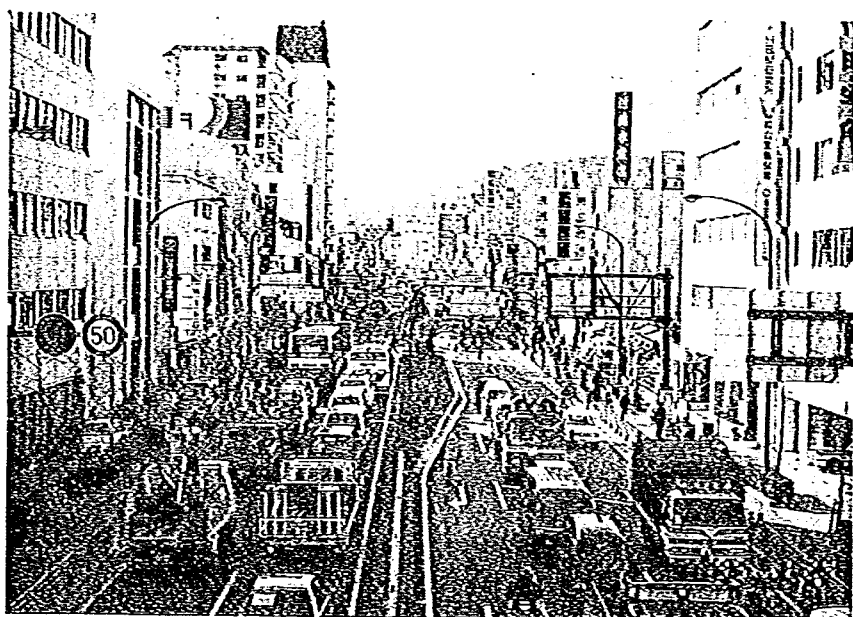


写真-3.1.15 渋滞する国道2号



写真-3.1.16 自転車・歩行者通行帯を走る自動二輪

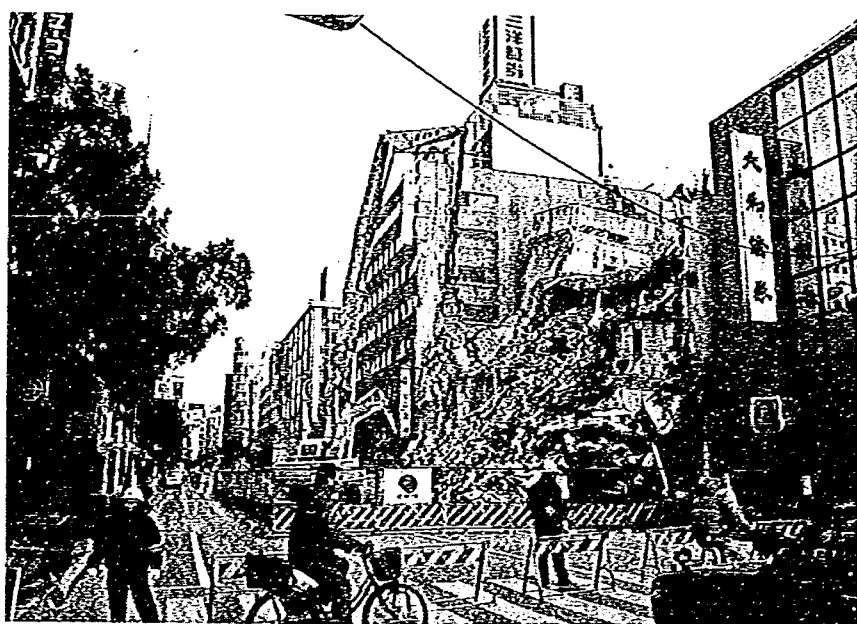


写真-3.1.17 倒壊ビル周辺の交通整理員

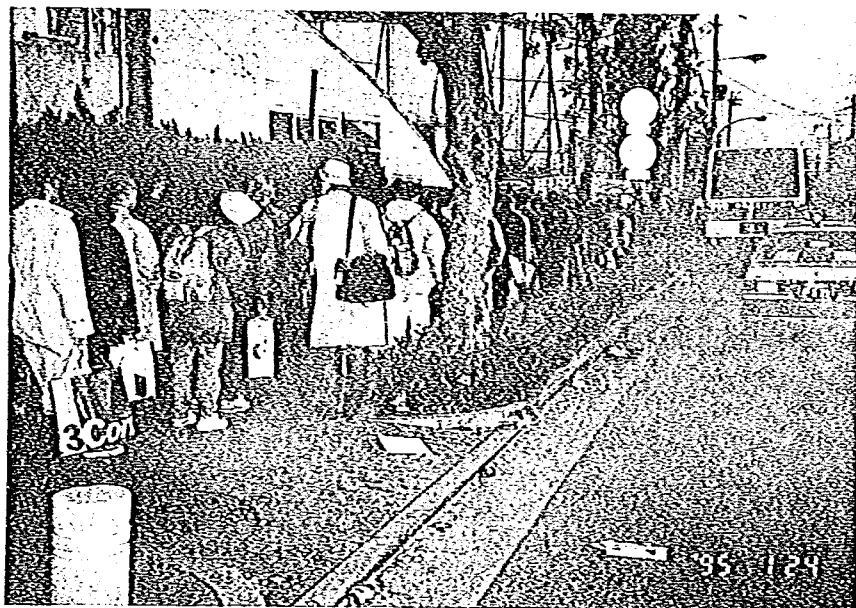


写真-3.1.18 駅前で帰宅のためのバスを待つ乗客

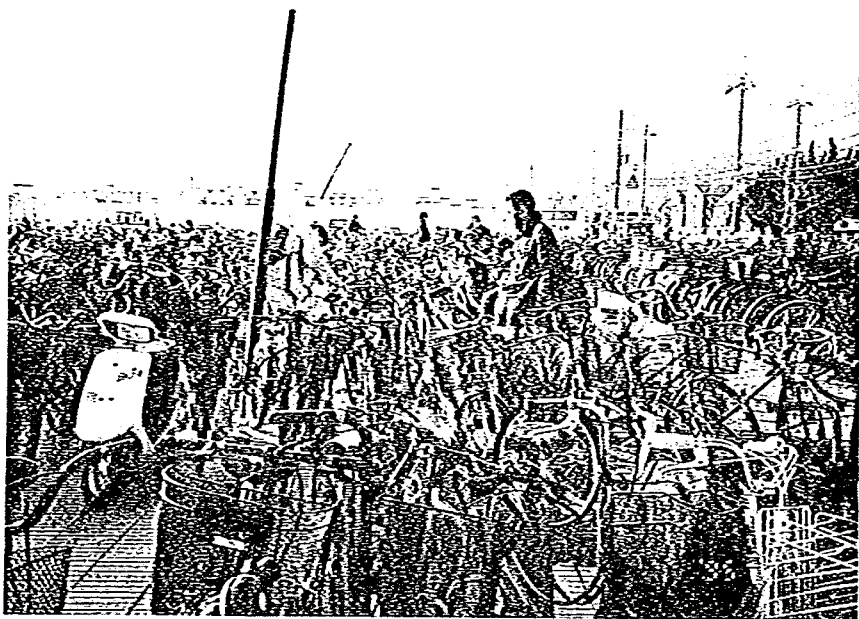


写真-3.1.19 駅前の臨時自転車置き場

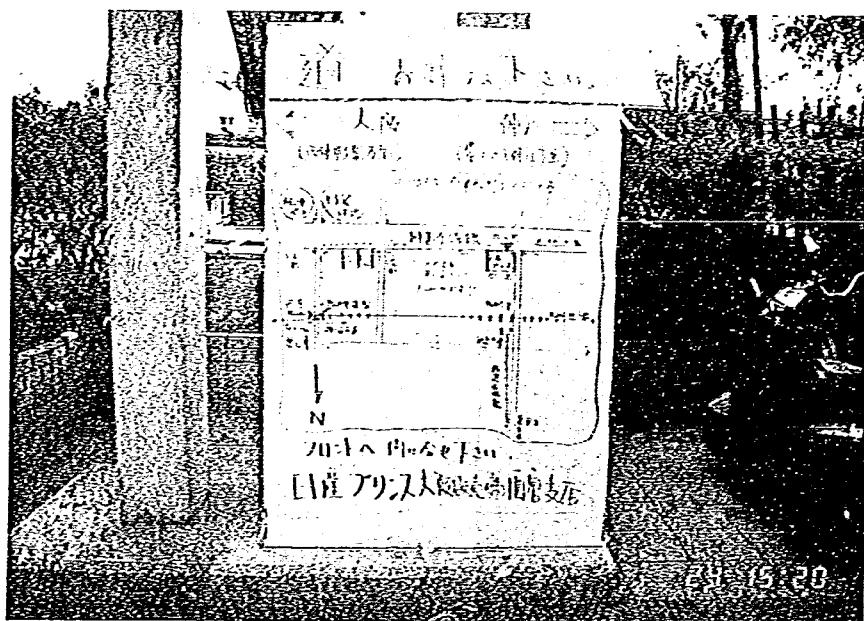


写真-3.1.20 沿道住民手書きの案内版

このため、道路管理者としても、管理者の違いを克服して、ネットワークとしての道路の現状を迅速に把握し、利用者が必要とする情報を迅速的確に提供する手段の開発が必要と考える。

③震災時の交通管理

被災後、少数の幹線道路に交通が集中し、甚だしい交通渋滞により、被災者の救援活動、復旧活動にも大きな妨げとなったことは、耐震性のある道路建設をすすめ、信頼性の高い道路とすることはもちろんであるが、緊急車優先の有効な規制の方法、不要不急の交通需要の抑制方法や異種交通モードを含めた代替ルートへの転換誘導方法など被災時の交通管理、交通制規の方法のあり方にも検討課題を残した。

3-2 河川施設の被害

土木研究所被害調査団 河川班

通常は大地震でなくとも、堤防天端中央部までのすべり崩壊、堤防基部までの崩壊がよく見られる。平成7年阪神・淡路地震では神戸の一部地域で震度7、それ以外の神戸市で震度6という大きな地震であったにもかかわらず、河川管理者により施設の設計・管理がよく行われていたこともあって、そのような大きな被災を受けた施設は限定的であった。

土木研究所河川部では、河川管理施設、特に堤防の地震被害について、本省等の担当者とともに、下記の7回にわたって、現地調査及び技術指導等を行った。派遣された調査団は以下のとおりである。

- ・ 1月17日～19日：末次（都市河川研）
- ・ 1月20日～23日：山本（河川管理総括研究官）
三木（土質研室長）
- ・ 1月24日～26日：宇多（河川研室長）
- ・ 1月27日～28日：中尾（河川部長）
- ・ 2月7日～9日：坂野、平林、伊藤（河川研）
- ・ 2月9日～10日：栗城（都市河川研究室）
- ・ 2月28日～3月1日：宇多（河川研室長）

図-3.2.1に示したように、直轄河川で調査で実施したのは淀川本川2区間、淀川支川猪名川の派川藻川1区間の計3区間であった。一方、補助河川で調査を実施したのは、武庫川、中島川、西瀬川、塩屋谷川、左門殿川、芦屋川、高橋川、住吉川、観音寺川、宇治川、新湊川の11河川であった。

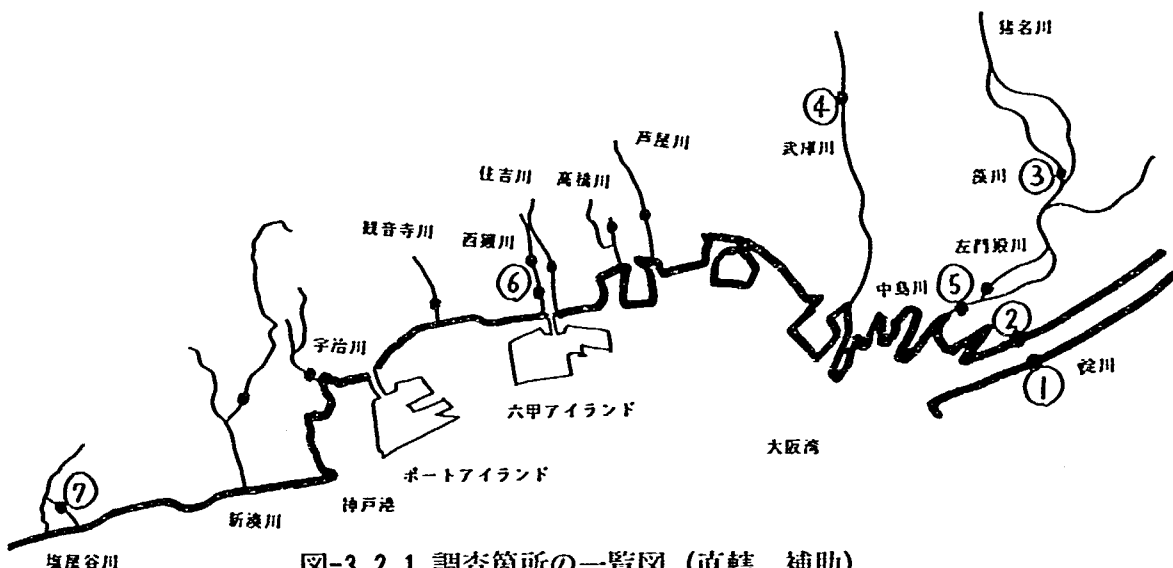


図-3.2.1 調査箇所の一覧図（直轄、補助）

注）図中の○番号は文章中の番号と対応している

1) 直轄河川関係の被害

地震により被災し、現在災害復旧を実施している河川は、表-3.2.1に示した近畿地建管内の3水系4河川で、被災形態の多くは堤防天端に亀裂が入ったり、沈下したものであった。今回、特に淀川本川及び淀川支川の猪名川（何れも震源から約40km）において、堤防（一般堤、特殊堤）が沈下した

り、堤防法面に大きな亀裂・段差が発生するなど、大きな被害が発生した。以下には両河川における被害の概要を記述した。

表-3.2.1 災害復旧を実施中の河川

水系名	河川名
淀川	淀川、猪名川
加古川	加古川
由良川	由良川

1) 淀川本川左岸0.2k~1.8k (大阪市此花区西島地区：図-3.2.1の①)

地震動による土堤部分の崩落により、特殊堤（高潮対策）及びコンクリート護岸が転倒し、天端が沈下した。天端（特殊堤の天端）の沈下量は1~2m、最大で約3mであった（写真-3.2.1、3.2.2）。川裏にあった西島公園では噴砂現象が見られた。また隣合った住宅地でも噴砂した他、液状化により家屋が数十cm沈下した所もあった。

2) 淀川本川右岸1.2k~2.0k (大阪市西淀川区西島地区：図-3.2.1の②)

地震動による特殊堤の被害はなかったが、堤内地側法先は側方流動し、堤体の裏半分がすべり沈下した（写真-3.2.3）。堤防天端上の亀裂幅は最大で1.5mであった。また、川裏ののり尻には噴砂が見られた。

3) 猪名川派川の藻川（兵庫県尼崎市：藻川右岸0.0k：図-3.2.1の③）

堤防の天端、裏のり、高水敷にかけて亀裂が発生したが、なかでも裏のりには幅10~20cm 深さ2~3mに及ぶ亀裂が発生した。直上流の高水敷においては幅1m、段差1mの亀裂が発生した。近くには橋梁があり、橋台の基礎周辺に地盤の変状がないかどうかを確認しておく必要があると考えられる（写真-3.2.4）。

4) 猪名川派川の藻川（兵庫県尼崎市：藻川右岸0.4k：図-3.2.1の③）

堤防天端に大きな段差（約1m）が生じ、亀裂は堤防の裏のりから表のりにかけて続いていた。裏のりには幅10~60cmの亀裂が入り、その深さは深い所で約3mであった（写真-3.2.5）。表のり尻では護岸ブロックの上に乗り上げる形で、土堤の末端部分がせりあがっていた。また、川表ののり尻には噴砂が見られた。

(2) 補助河川関係の被害

兵庫県管理の河川で著しい被害が見られたのは、武庫川と中島川である。この他、市内を流れる他の都市河川でも地震により被害が生じているが、以下では武庫川、中島川、西瀬川、塩屋谷川における被害状況について述べる。

写真-3.2.1

〈淀川本川左岸0.2k~1.8k(1)〉
特殊堤・コンクリート護岸が
転倒した他、堤防が沈下した

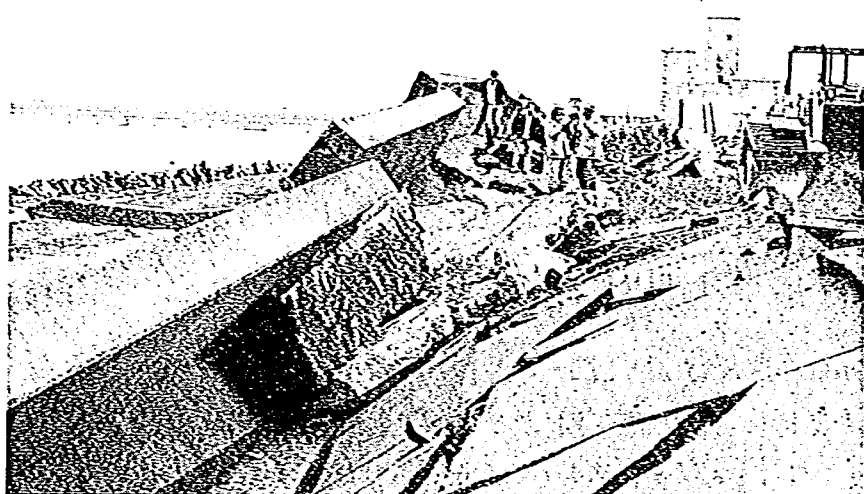


写真-3.2.2

〈淀川本川左岸0.2k~1.8k(2)〉
裏のりのコンクリート部分が
崩壊した他、堤防が沈下した

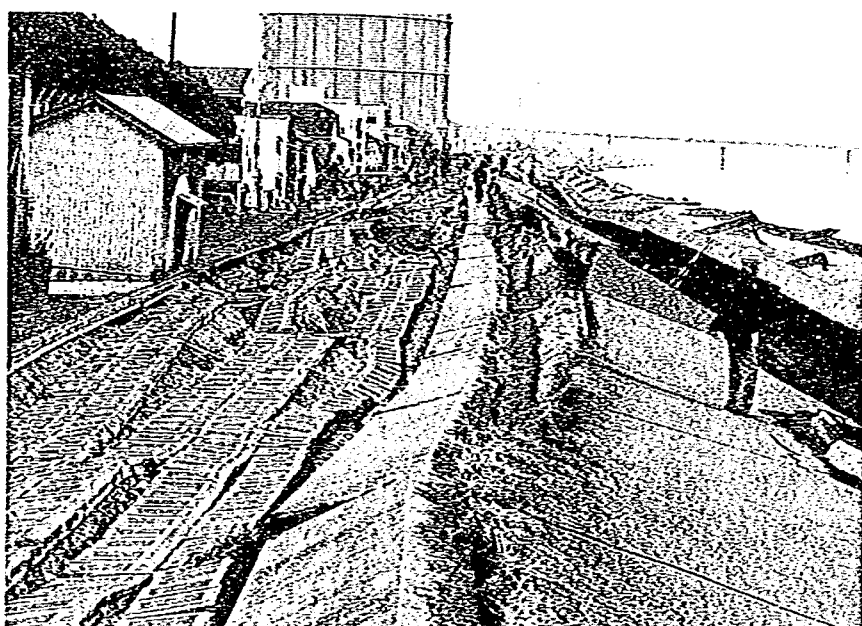


写真-3.2.3

〈淀川本川右岸1.2k~2.0k〉
堤防天端の中央付近から側方
流動した。亀裂幅は20~150cm
で、最大段差は1mであった





写真-3.2.4 <猪名川支川の藻川右岸0.0k>

堤防天端に約20cmの段差が生じた他、高水敷には幅1m、
段差1mの亀裂が発生した



写真-3.2.5 <猪名川支川の藻川右岸0.4k>

堤防天端で1mの段差が生じた他、裏のり部には幅10～60cm、
深さが最大で約3mの亀裂が発生した

1) 武庫川の場合 (図-3.2.1の④)

武庫川では河口より約2.5kmから上流の約6cm区間の左右岸で堤防の被害が生じた。このうち特に被害が大きかったのは被災区間の上流端付近を横切る東海道新幹線の橋梁付近の左右岸であった。地震動により河川堤防に大きな亀裂ができ、天端が沈下した。例えば写真-3.2.6は高水敷上にできた亀裂の状況を示す。亀裂に挿入した長さ2mのポールの状況より、この亀裂の深さはポールが入る部分で測っても約90cmに達することがわかる。また、写真-3.2.7は近傍で撮影された河川堤防の横断亀裂の状況である。亀裂はのり尻よりのり面全体に広がり、天端面まで達していた。この区間の河川堤防は天端が兼用道路となっているため早期の緊急復旧が必要とされる。この堤防のごく近傍では新幹線の橋梁が座屈し、橋梁としての機能が失われていた。これに比べると、この区間における武庫川の河川堤防(土堤)は全面崩壊せず、ねばり強く耐えているとも言える。

2) 淀川支川神崎川の派川中島川の場合 (図-3.2.1の⑤)。

中島川は淀川の北約2kmを流れており、淀川との間に流れる神崎川とは河口より3kmの地点より分派している。中島川には3面をコンクリートで覆われた高潮堤防があるが、その右岸側で大きな被害が出た。この付近では堤内地の地盤高が低く、コンクリート製の堤防に多くのクラックが生じ、そのクラックを通じて漏水が発生した。例えば写真-3.2.8に裏のりの亀裂の状況を示す。のり面の中央部に入った縦断亀裂が見てとれる。またのり尻付近にも亀裂が多数見られ、漏水が生じていた。写真-3.2.9はこの堤防に隣接する工場の敷地内のアスファルト面が盛り上がり、亀裂が生じた状況を示している。中島川の堤防では、過去3回にわたって嵩上げが行われ、最上部にのるパラペットと天端工が摩擦グイで支えられる構造を有している。その天端部分が地震動により川側へせり出すとともに、裏のりが堤内地側へもずれたため、天端下部に約50cmほどの空洞が生じた。写真-3.2.10は天端の裏のり側より空洞の状況を撮影したものである。堤防の天端工は支持グイと一体となって川側へ移動したため、クイの川側では土が盛上がり、逆に裏のり側では穴が開いた状況が見られた。

3) 西瀬川 (図-3.2.1の⑥)。

神戸市内には、道路下に建設された多数の暗渠河川があり、その多くは開削ボックス構造となっている。地震により、これらの河川の目地部が破損したり、開いたりしていた。土被りが小さい箇所では、これらの影響が上部の道路面まで現れていた。写真-3.2.11には暗渠河川である西瀬川の被災状況を示した。

4) 塩屋谷川 (図-3.2.1の⑦)。

塩屋谷川放水路はNATM工法により建設された直径6.4mのトンネル河川であるが、同放水路の周辺の地層が変化する地点(横尾山断層)で覆コンクリートの被害が発生していた。損傷は覆工コンクリートの全周にわたっており、最大10cmの目違いを生じていた。



写真-3.2.6 <武庫川>
高水敷上に生じた亀裂で、深さは約90cmであった



写真-3.2.7 <武庫川>
堤防ののり面に生じた横断亀裂

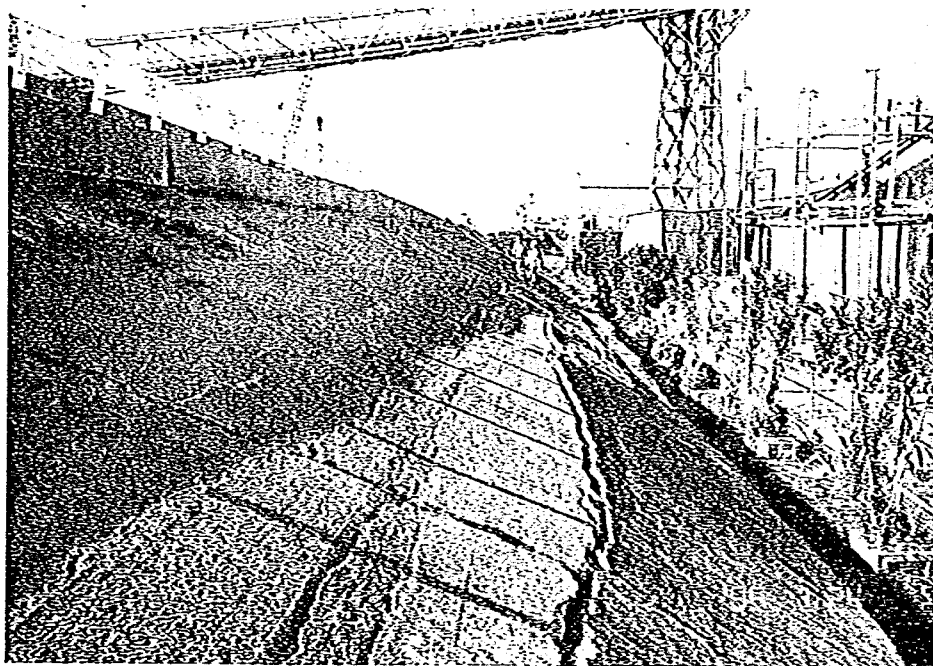


写真-3.2.9 <中島川>

高潮区間の裏のりに縦断亀裂が発生した。天端とのり面との間に大きな段差が生じた

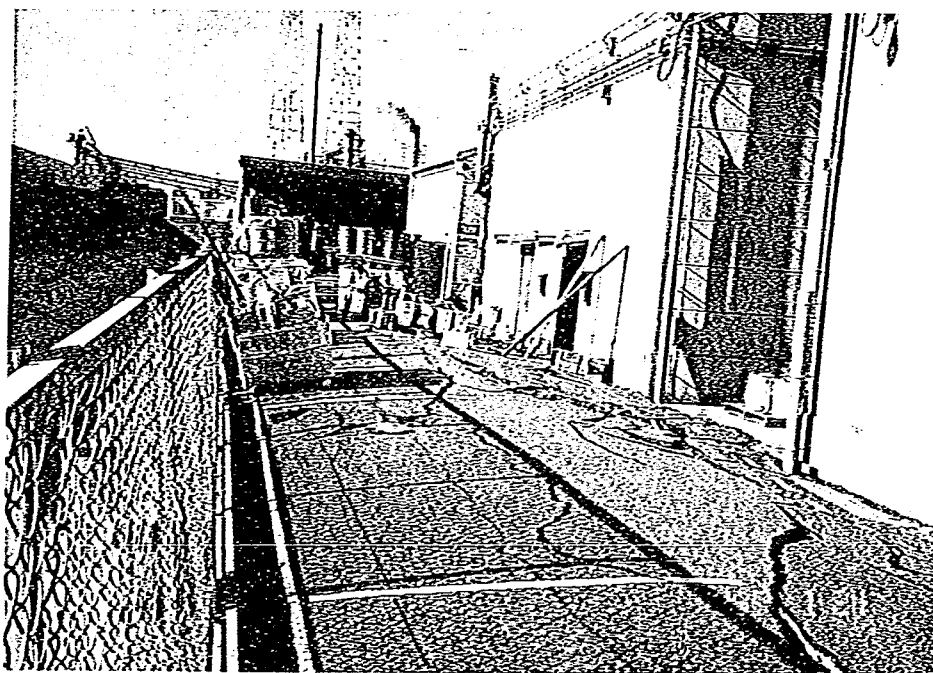


写真-3.2.10 <中島川>

堤防が滞ったため、堤内地が盛り上がり、アスファルト面に亀裂が発生した



写真-3.2.11 <中島川>
堤防天端に生じた段差の中の様子

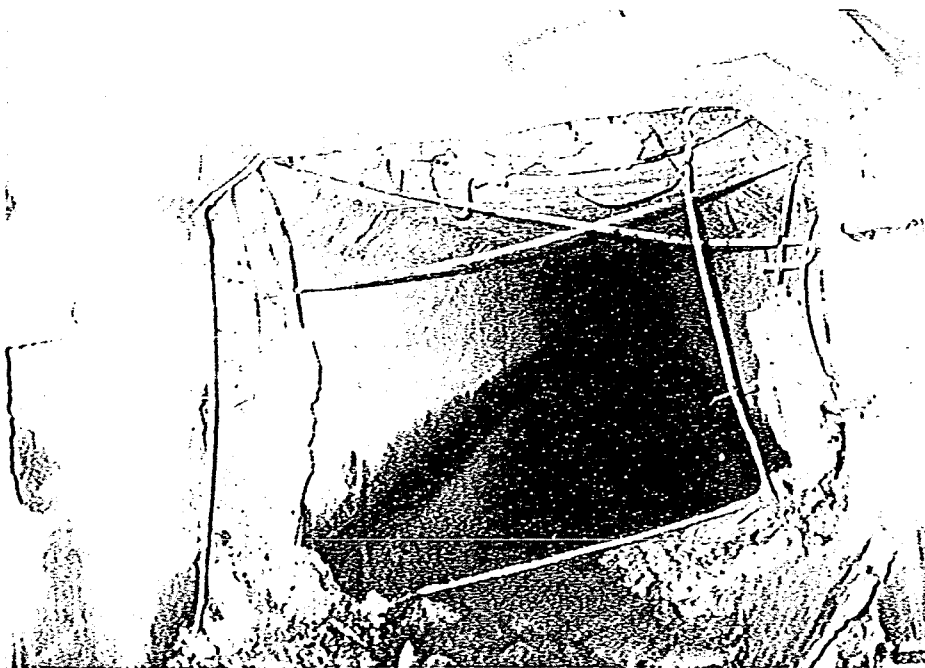


写真-3.2.12 <西嶺川>
幅1.5m、高さ1.4mの暗渠河川で、目地部周辺コンクリートが被災した

3-3 ダム施設の変状

土木研究所被害調査班 ダム班

(1) はじめに

今回の地震では、広範囲の地域のダムにおいて、地震発生後直ちに管理者による臨時点検が行われた。また、土木研究所では3回のダム現地調査を行い、今回の地震がダムに与えた影響を調査した。本報告は、それらの結果について述べるものである。

(2) 臨時点検について

地震が発生した時には、建設省所管ダム（建設省直轄ダム、水資源開発公団のダム、都道府県補助ダム等）および法河川区域内の利水ダムにおいて、各ダムの管理者が地震後の臨時点検を行うことになっている。点検を実施する基準は、ダム地点に設置した地震計で25gal以上の加速度が観測された場合、もしくはダムが位置する地域の気象庁震度階がⅠⅤ以上の場合である。点検は、一次点検と二次点検にわかれ、一次点検は地震発生直後の目視によるダム状況の点検、二次点検は詳細な外観点検と観測計器の計測値をもとにした点検である。

今回の地震においては、臨時点検の対象となったダムは251ダムで、その内訳を表-3.3.1に示す。

表-3.3.1 臨時点検対象ダム

(a) 管理種別		(b) 地域別	
管理種別	ダム数	地 域	ダム数
直 轄	12	近畿地方建設局管内	101
水資源開発公団	11	中部地方建設局管内	34
補 助	56	中部地方建設局管内	49
利 水	172	四国地方建設局管内	67
合 計	251	合 計	251

1月21日までに対象ダム全てについて臨時点検（一次、二次点検）が終了し、直ちに対策を必要とするような被害は報告されなかった。しかし、以下に示すような軽微な変状が報告された。

加古川大堰（近畿地方建設局）：ゲート戸当たりの変形（可動に支移なし）

天ヶ瀬ダム（近畿地方建設局）：減勢池底部ジョイントから白濁水発生（その後、消滅）

論鶴羽ダム（兵庫県）：ダム上流面表層コンクリートの局所的剝離

：堤体ジョイントの若干の開き2ヶ所

：漏水量、揚厚力の微増

一 庫ダム（水資源開発公団）：湖岸法面の小崩壊

常 盤ダム（近畿農政局）：天端舗装の小クラック

谷 山ダム（近畿農政局）：天端舗装の小クラック

その他、柳瀬ダム（四国地方建設局）、栂屋ダム（近畿農政局）、吞吐ダム（近畿農政局）、曲谷ダ

ム（関西電力）、滝畑ダム（大阪府）、正木ダム（徳島県）、府中ダム（香川県）、大日川ダム（兵庫県）では漏水量が若干増加したが総量としては少なく、減少傾向または安定傾向にあり問題はないと考えられる。

（３）現地調査について

土木研究所では、地震によるダムに対する影響の詳細調査を目的として、2/27現在で５回のダム等の現地調査を行った。調査日程およびメンバーは、以下の通りである。

＜第１回＞

調査月日：１月17～19日

メンバー：建設省土木研究所 ダム部フィルダム研究室研究員 岩下 友也

調査地域：兵庫県、大阪府

＜第２回＞

調査月日：１月25、26日

メンバー：建設省河川局開発課 課長補佐 石橋 良啓

建設省土木研究所 ダム部長 松本 徳久

建設省土木研究所 ダム部フィルダム研究室長 中村 昭

建設省土木研究所 ダム部ダム構造研究室研究員 佐々木 隆

（財）ダム技術センター理事 山住 有巧

調査ダム：１／25 成相池ダム、論鶴羽ダム、大日川ダム、常盤ダム、谷山ダム、昭和池ダム、大谷ダム

１／26 天王ダム、立ヶ畑ダム、五本松ダム、千莉ダム、天ヶ瀬ダム

＜第３回＞

調査月日：２月10、11日

メンバー：建設省土木研究所 ダム部部长 松本 徳久

建型省土木研究所 ダム部フィルダム研究部外研究員 武田 理

調査地域：淡路島、野島断層と付近のダム・ため池

＜第４回＞

調査月日：２月14～17日

メンバー：建設省土木研究所 ダム新技術研究官 深見 親雄

建設省土木研究所 ダム部フィルダム研究室主任研究員 山口 嘉一

建型省土木研究所 ダム部ダム構造研究室研究員 佐々木 隆

建設省土木研究所 ダム部フィルダム研究室研究員 岩下 友也

水資源開発公団関西支社 設計課長 貞弘 丈佳

（財）国土開発技術研究センター調査第一部上席主任研究員 中村 健一

調査ダム：２／14 天ヶ瀬ダム、喜撰山ダム、箕面川ダム、一庫ダム

15 深谷ダム、北山ダム、奥山ダム、丸山ダム、吞吐ダム

表-3.3.2 調査ダムおよび調査結果の概略

法河川区域内

ダム名	水系名	河川名	所在地	型式	堤高 (m)	地震時水深 (m)	ダム管理者	竣工年度	調査結果
天ヶ瀬ダム	淀川	宇治川	京都府宇治市	アーチ式コンクリートダム	73.0	65.6	近畿地方建設局	1964	変状なし
加古川大堰	加古川	加古川	兵庫県加古川市	可動堰	5.3		近畿地方建設局	1988	ゲート戸当たり変形
一庫	淀川	猪名川	兵庫県川西市	重力式コンクリートダム	75.0	38.4	水資源開発公団	1983	変状なし、湖岸小崩落1ヶ所
箕面川	淀川	箕面川	大阪府箕面市	中央コア型ロックフィルダム	47.0	24.5	大阪府	1983	変状なし
諭鶴羽	三原川	諭鶴羽川	兵庫県三原郡三原町	重力式コンクリートダム	42.0	25.1	兵庫県	1974	上流面モルタルが局部的に少量剝離
大日川	三原川	大日川	兵庫県三原郡南淡町	重力式粗石コンクリートダム	43.5	18.0	兵庫県	1964	変状なし
天王	新湊川	天王谷川	兵庫県兵庫市	重力式コンクリートダム	33.8	13.9	兵庫県	1980	変状なし、急激落石少量、水位低下
安室	千種川	安室川	兵庫県赤穂郡上郡町	重力式コンクリートダム	50.0	26.2	兵庫県	1991	変状なし
生野	市川	市川	兵庫県朝来郡生野町	重力式コンクリートダム	56.5	32.5	兵庫県	1972	変状なし
安富	揖保川	林田川	兵庫県穴栗郡安富町	重力式コンクリートダム	50.5	29.3	兵庫県	1984	変状なし
立ヶ畑	新湊川	石井川	兵庫県神戸市	重力式粗石モルタルダム	33.3	24.2	神戸市	1905	変状なし
千苅	武庫川	羽束川	兵庫県神戸市	重力式粗石モルタルダム	42.4	27.6	神戸市	1919	変状なし
丸山(第1)	武庫川	船坂川	兵庫県西宮市	重力式コンクリートダム	31.0	18.4	西宮市	1977	変状なし
成相池	三原川	成相川	兵庫県三原郡三原町	重力式粗石コンクリートダム	33.0	19.4	成相池土地改良区	1950	変状なし
常盤	野島川	野島川	兵庫県津名郡北淡町	ゾーン型アースフィルダム	33.5	20.9	近畿農政局	1974	天端舗装の小亀裂
谷山	楠本川	楠本川	兵庫県津名郡東浦町	ゾーン型アースフィルダム	28.2	19.8	近畿農政局	1974	天端舗装の小亀裂
吞吐	加古川	山田川	兵庫県三木市	重力式コンクリートダム	71.5	42.8	近畿農政局	1989	変状なし
桃屋	加古川	仕出原川	兵庫県多可郡中町	中央コア型ロックフィルダム	44.1	16.7	近畿農政局	1991	変状なし
鴨川	加古川	鴨川	兵庫県加東郡東条町	重力式コンクリートダム	43.5	16.3	近畿農政局	1951	変状なし
大川瀬	加古川	東条川	兵庫県三田市	重力式コンクリートダム	50.8	36.0	近畿農政局	1990	変状なし
笠掛山	淀川	寒谷川	京都府宇治市	中央コア型ロックフィルダム	91.0	75.5	関西電力	1970	変状なし
黒川	市川	市川	兵庫県朝来郡生野町	傾斜コア型ロックフィルダム	98.0	89.2	関西電力	1974	変状なし
多々良木	円山川	多々良木川	兵庫県朝来郡朝来町	75%以上表面透水型ロックフィルダム	64.5	37.0	関西電力	1974	変状なし
長谷	市川	犬見川	兵庫県神戸市	重力式コンクリートダム	102.0	65.5	関西電力	1992	変状なし

法河川区域外

ダム名	水系名	河川名	所在地	型式	堤高 (m)	地震時水深 (m)	ダム管理者	竣工年度	調査結果
大谷	楠本川	楠本川	津名郡淡路町	アースフィルダム	16.6	-	ちひろ土地改良区		天端舗装の小亀裂
昭和池	鶴崎川	鶴崎川	津名郡淡路町	アースフィルダム	16.0	-	(カミデラ) 上高寺地区		上流法面の石張り変状 天端舗装の亀裂
五本松	生田川	生田川	兵庫県神戸市	重力式粗石コンクリートダム	33.3	24.6	神戸市	1900	変状なし、急激落石
深谷	武庫川	逆瀬川	兵庫県宝塚市	傾斜コア型ロックフィルダム	41.0	24.0	宝塚市	1971	余水吐ブロックのズレ 余水吐周辺の堤体少し沈下
北山(第1)	夙川	夙川	兵庫県西宮市	均一型アースフィルダム	24.5	16.2	西宮市	1968	上流面石張り滑落
奥山(第1)	芦屋川	芦屋川	兵庫県芦屋市	中央コア型ロックフィルダム	23.4	13.0	芦屋市	1972	旧堤天端若干沈下、奥池の取水塔の傾斜、取水塔コンクリート部に亀裂

16 加古川大堰、大川瀬ダム、鴨川ダム、枇屋ダム、安富ダム

17 安室ダム、長谷ダム、生野ダム、黒川ダム、多々良木ダム

〈第5回〉

調査月日：2月18～22日

メンバー：建設省土木研究所 ダム部フィルダム研究室研究員 岩下 友也

調査地域：淡路島、野島断層と付近のダム・ため池

現地調査を行ったダムは、臨時点検で軽微な変状が報告されたダムを中心として、気象庁発表による震度Ⅴ以上を記録した地域に位置する主なダムであり、調査範囲は兵庫県、大阪府、京都府にわたった。表-3.3.2に現地調査を行ったダムの一覧、および調査結果の概略を示す。また、図-3.3.1に調査ダムの位置図を示す。

以下に調査ダムについて、地震の変状等を述べる。本文中の最大加速度の値は、暫定値であり、確定値ではない。

1) 天ヶ瀬ダム

天ヶ瀬ダムは、近畿地方建設局が管理するアーチ式コンクリートダムである。震央からは、約82kmに位置している。堤体低標高部でダム軸方向に最大加速度約95galを記録した。下流面投影図、断面図、平面図を図-3.3.2に示す。

臨時点検では、減勢池底版目地より白濁水が発生したときの報告があったが、その後、排水して調査した結果、目地に溜まっていた沈殿物が吹き出したものと推定された。白色成分の分析結果によると、主なものは石英、長石、黒雲母であり、上流域の岩石（花崗岩）成分が含まれている。

2) 加古川大堰

加古川大堰は、近畿地方建設局が管理する可動堰である。震央からは、約23kmに位置している。

地震時には5門あるゲートの内、4号ゲートが塗装塗り替え中であり、予備ゲートをおろして本ゲートは水面から上げていた。この4号ゲートのローラーが、水流の影響を受けない高い位置にある戸当たり部にぶつかって、その戸当たり部の鋼製部分が変形したが、実稼働操作により支障ないことが確認されており、堰柱本体への損傷もなかった。

3) 一庫ダム

一庫ダムは、水資源開発公団が管理する重力式コンクリートダムである。震央からは約51kmに位置する。下流面図、標準断面図を図-3.3.3に示す。低標高部の監査廊で上下流方向に184galの最大加速度を記録したが、堤体に変状はなかった。

4) 箕面川ダム

箕面川ダムは大阪府が管理する中央コア型ロックフィルダムである。震央からは約55kmに位置する。

標準断面図を図3.3.4に示す。底設監査廊で上下流方向およびダム軸方向に最大加速度約130galを記録したが、堤体に変状はなかった。

5) 諭鶴羽ダム

諭鶴羽ダムは、兵庫県が管理する重力式コンクリートダムである。震央からは、約44kmに位置する。臨時点検において、ダム上流面で元々クラックのあった箇所でコンクリート表面が局所的に少量剝離したとの報告がされたが、現地調査の結果、堤体コンクリートそのものではなく、表面に後付けしたモルタル状のものが剝離したものであり、特に問題はないことがわかった（写真-3.3.1）。また、天端および監査廊内で、ジョイントの開きが観察されたが、その幅は4～5mm程度であり、特に問題はないと考えられる。地震後、基礎排水孔からの排水が白濁したものの2～3日で解消した。漏水量（基礎排水量）、揚厚力が若干増加したが、その後、安定している。

6) 大日川ダム

大日川ダムは兵庫県が管理する重力式粗石コンクリートダムである。震央から約45kmに位置する。堤体表面の変状はない。漏水量（基礎排水量）が地震前より増加したが、全体量で約5ℓ/minと少量である。

7) 天王ダム

天王ダムは兵庫県が管理する重力式コンクリートダムである。震央から約20kmに位置する。右岸アバット法面直上部から崩落が少量あり（写真-3.3.2）、右岸下流地山でも崩落箇所があったが、落石による堤体への損傷はなく、堤体上下流面に亀裂などの変状はなかった。今回の地震以前から約2cm/日の水位低下が確認されていたが、地震後、約10cm/日（約9ℓ/sに相当）の貯水位の低下が報告されている。しかし、ダム本体からの漏水はなく、現時点ではダム本体の安全性に問題はない。この水位低下は、貯水池周辺の地山への浸透流が増加したものと推定される。

8) 安室ダム

安室ダムは、兵庫県が管理する重力式コンクリートダムである。震央からは約75kmに位置する。低標高部の監査廊で上下流方向に37galの最大加速度を記録した。堤体に変状はない。

9) 生野ダム

生野ダムは、兵庫県が管理する重力式コンクリートダムである。震央からは約68kmに位置する。低標高部の監査廊で鉛直方向に最大加速度約16galを観測した。堤体に変状はない。

10) 安富ダム

安富ダムは、兵庫県が管理する重力式コンクリートダムである。震央からは約60kmに位置する。堤体に変状はない。

11) 立ヶ畑ダム

立ヶ畑ダムは、神戸市が管理する重力式粗石モルタルダムで、1905年に完成したダムである。震央から約21kmに位置する。右岸からのアプローチ道路の舗装に開き8mm程度のクラックが2本有り、貯水池側に向かって地面に亀裂が続いている。

12) 千苅ダム

千苅ダムは、神戸市が管理する重力式粗石モルタルダムである。震央からは約39kmに位置する。堤体に変状はない。

13) 丸山ダム

丸山ダムは、西宮市が管理するダムで、第1ダムは重力式コンクリートダム、第2ダムはロックフィルダム（堤高21.5m）である。震央からは約25kmに位置する。堤体は変状はない。

14) 成相池ダム

成相池ダムは成相池土地改良区が管理する重力式粗石コンクリートダムである。震央から約40kmに位置する。堤体は変状はない。

15) 常盤ダム

常盤ダムは、近畿農政局が北淡路土地改良区に管理委託しているゾーン型アースフィルダムである。震央からは約8kmに位置し、野島断層からの最短距離は約800mである。標準断面図を図-3.3.5に示す。天端舗装に亀裂が生じ、左岸アバットで幅25mm、長さ7m、右岸アバットで25mm、長さ7mである（写真-3.3.4、写真-3.3.5）。また、右岸アバット法面上部の小崩壊、取付道路の肩コンクリートにクラックが生じたが、堤体上下流面には変状はない。上流からの流入量が増加しており、継続監視されている。

16) 谷山ダム

谷山ダムは、近畿農政局が北淡路土地改良区に管理委託しているゾーン型アースフィルダムである。震央からは約6kmに位置し、野島断層からの最短距離は約3kmである。天端舗装に地震時に発生したと思われる亀裂があるが、幅2～3mm、長さ4.5mと規模の小さいものである。上流からの流入量が増加しており、継続監視されている。

17) 呑吐ダム

呑吐ダムは、近畿農政局が管理する重力式コンクリートダムである。震央からは約20kmに位置し、低標高部の監査廊でダム軸方向に最大加速度111galを記録した。地震により漏水量が2.7ℓ/minから9.4ℓ/minへ増加したが、その後減少傾向にある。堤体表面に変状はない。

18) 栂屋ダム

栂屋ダムは、近畿農政局が管理する中央コア型ロックフィルダムである。震央からは約47kmに位置する。地震前後で、漏水量が約30ℓ/minから約40ℓ/minに増加した。その後、降雨の関係で増加したが、減少傾向にある。堤体表面には変状はない。

19) 鴨川ダム

鴨川ダムは、近畿農政局が管理する重力式コンクリートダムである。震央からは約38kmである。堤体に変状はない。

20) 大川瀬ダム

大川瀬ダムは、近畿農政局が管理する重力式コンクリートダムである。震央からは、約40kmに位置する。堤体に変状はない。

21) 喜撰山ダム

喜撰山ダムは、関西電力が管理する中央コア型ロックフィルダムである。震央からは約90kmに位置する。基礎でダム軸方向に最大加速度89galが記録されたが、堤体に変状はない。

22) 黒川ダム

黒川ダムは、関西電力が管理する傾斜コア型ロックフィルダムである。震央からは、約71kmに位置する。堤体に変状はない。

23) 多々良木ダム

多々良木ダムは、関西電力が管理するアスファルト表面遮水型ロックフィルダムである。震央からは約72kmに位置する。堤体に変状はない。

24) 長谷ダム

長谷ダムは、関西電力が管理する重力式コンクリートダムである。震央からは、約64kmに位置する。低標高部の監査廊でダム軸方向に最大加速度31galを記録した。堤体に変状はない。

25) 五本松ダム

五本松ダムは、神戸市が管理する重力式粗石コンクリートダムで、1900年に完成したダムである。堤体の標準断面図を図-3.3.6に示す。震央から約18kmに位置する。左岸側余水吐の上部から小崩壊が4ヶ所にあった。貯水池湖岸の左岸側のブロック積みにクラックが生じた。天端高欄の笠コンクリートに少しクラックが生じたが、堤体表面に亀裂等の変状は見られなかった。

以上のように、現地調査した結果、河川区域内のダムで直ちに対策を必要とするような被害・変状、安全管理上重大な問題は見当たらなかった。

(4) ダムサイトの地盤加速度について

今回の地震時に記録されたダムサイトにおける地盤加速度の最大値を表-3.3.3に示す。また、3成分のうちの最大値の分布を図-3.3.7に示す。この最大加速度の数値は、暫定値であり、確定値ではない。また、底部の監査廊あるいは堤体低標高部で計測された加速度も地盤加速度とみなしている。今回の地震で計測されたダムサイト地盤における最大加速度値は、一庫ダムの184galが最大であり、震央から遠ざかるにつれて小さくなっている。しかし、震央から同じ距離のところでも震央からの方向によって計測された加速度は大きく違うところがみられる。

建設省が管理する天ヶ瀬ダムにおいて、堤体低標高部で計測されたのを加速度の時刻歴を図-3.3.8に示す。

(5) 最後に

臨時点検および土木研究所の現地調査からは、すぐさまダムの安全性に関わるような被害がなかったことが確認された。しかし、貯水位の低い状態で地震動を受けたダムが多く見られるため、軽微な変状があったダムでも貯水位の上昇に際しては十分監視していくことが必要である。

表-3.3.3 ダム地盤最大加速度
(数値は暫定値であり、確定値ではない)

ダム名	事業者	最大加速度 (gal)	上下流最 大加速度 (gal)	ダム軸最 大加速度 (gal)	鉛直 最 大加速度 (gal)
天ヶ瀬	近畿地建	95	43	95	24
猿谷	近畿地建	18	13	18	13
大野	近畿地建	28.4	28.4	27.3	24.1
丸山	中部地建	5.9	2.9	5.9	3.3
蓮	中部地建	25.3	25.3	14.5	19.3
早明浦	水資源開発公団	8.97	8.97	7.06	5.74
新宮	水資源開発公団	11.91	9.84	8.32	11.91
高山	水資源開発公団	11	10	11	11
室生	水資源開発公団	17	17	15	11
布目	水資源開発公団	28	28	18	15
一庫	水資源開発公団	184	184	156	62
岩屋	水資源開発公団	12	12	7	2
阿木川	水資源開発公団	5	4	5	3
箕面川	大阪府	130	130	130	85
津川	岡山県	28.2	28.2	24.3	18.3
野呂川	広島県	4	4	4	4
千足	香川県	51	51	36	
石田川	滋賀県	12	9	12	7
青土	滋賀県	22	22	21	11
正木	徳島県	33	28	33	33
福井	徳島県	32	32	29	16
白川	奈良県	50.5	50.5	39.3	48.1
龍ヶ鼻	福井県	6.5	6.5	5.3	2.9
生野	兵庫県	16	6	13	16
安室	兵庫県	37.2	36.8	37.2	31.2
瀬戸	関西電力	20.2	15.9	17.4	20.2
旭	関西電力	14.4	14	14.4	14.1
長谷	関西電力	30.5	24.8	30.5	22.3
太田	関西電力	27.9	26.8	27.9	20.8
稲村	四国電力	7	7	5	5
高暮	中国電力	5.2	5.2	4.2	4.3
西平	中部電力	37.72	21	37.72	25.26
上大須	中部電力	9	9	7.47	5.09
池原	電源開発	11.56	10.99	11.56	9.8
蔵王	近畿農政局	49.4	49.4	22.3	24.6
永源寺	近畿農政局	28.5	28.5	27.9	13.5
吞吐	近畿農政局	111	97	111	
目谷	中国四国農政局	9	4	9	4

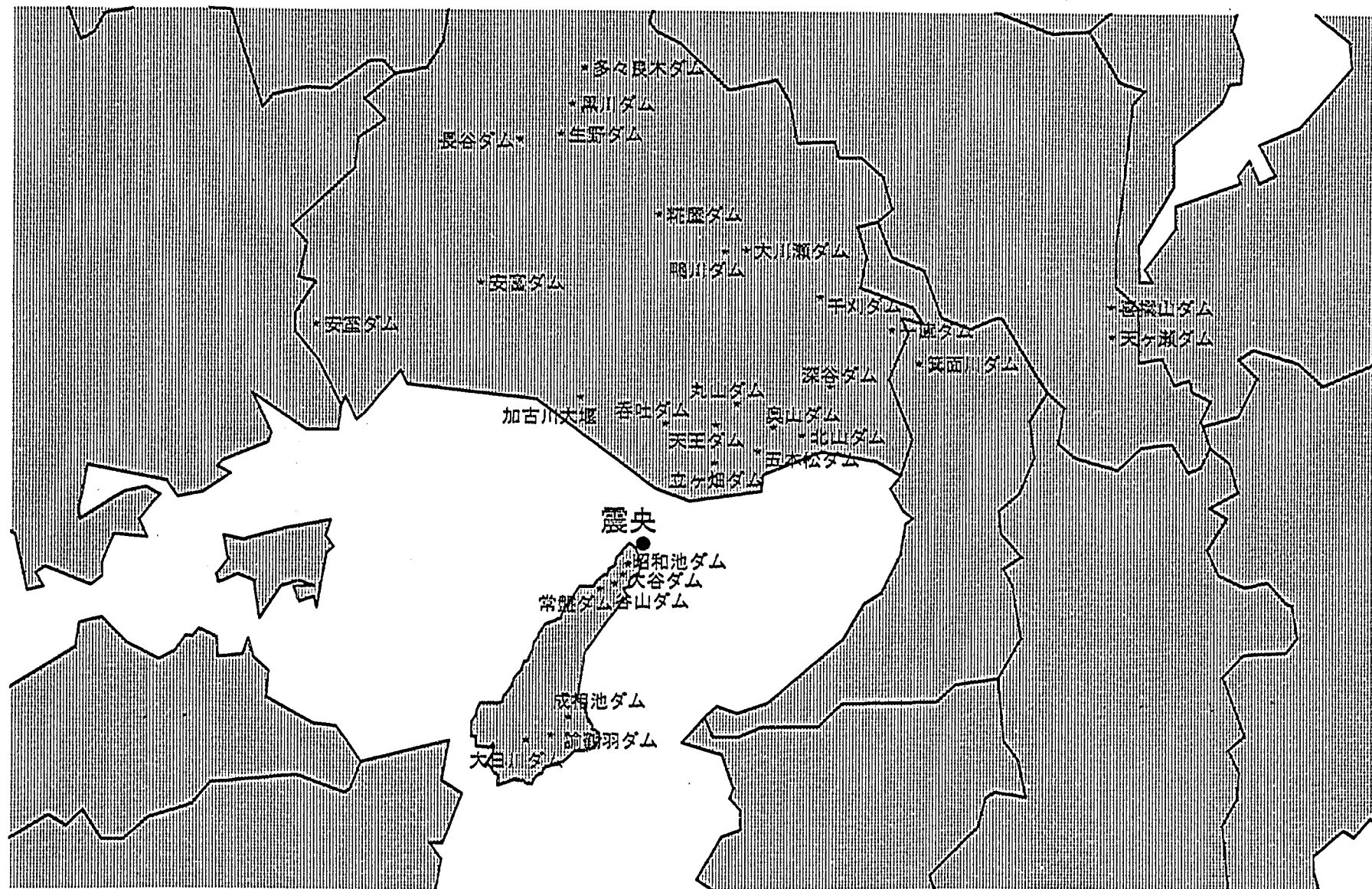
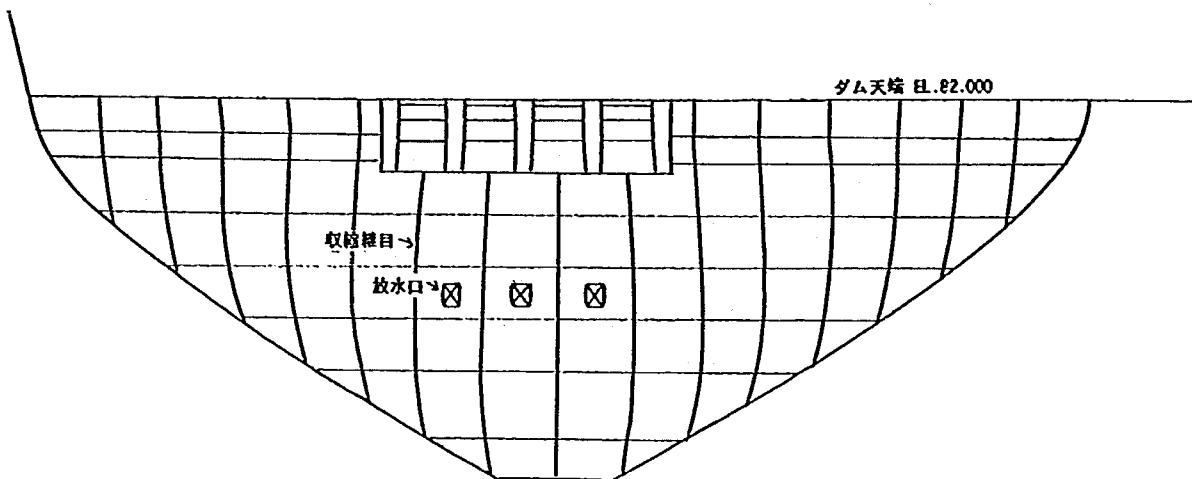
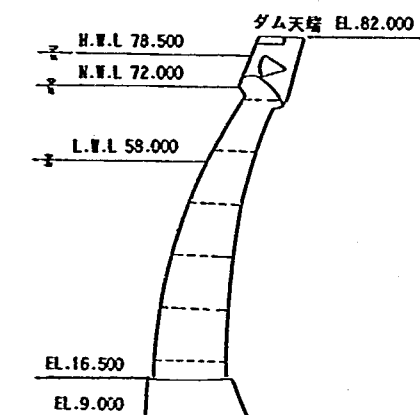


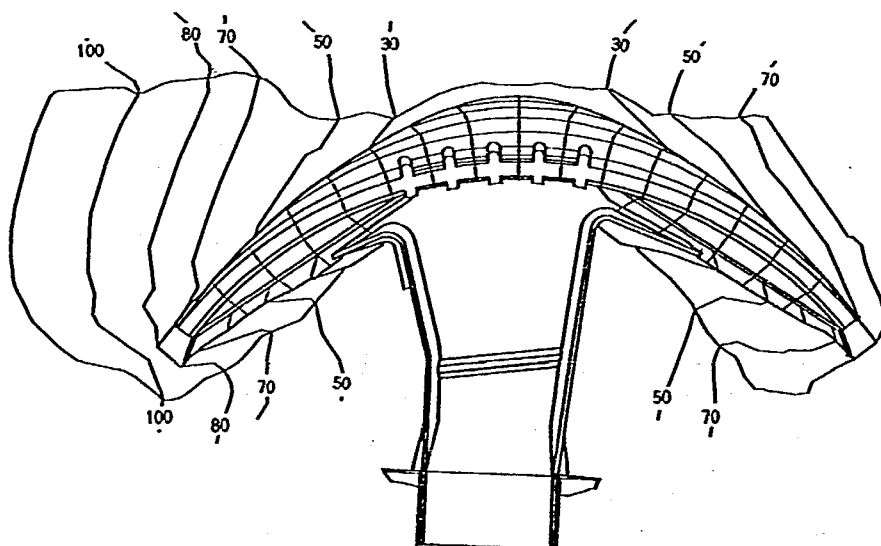
図-3.3.1 調査ダム位置図



下流面投影図

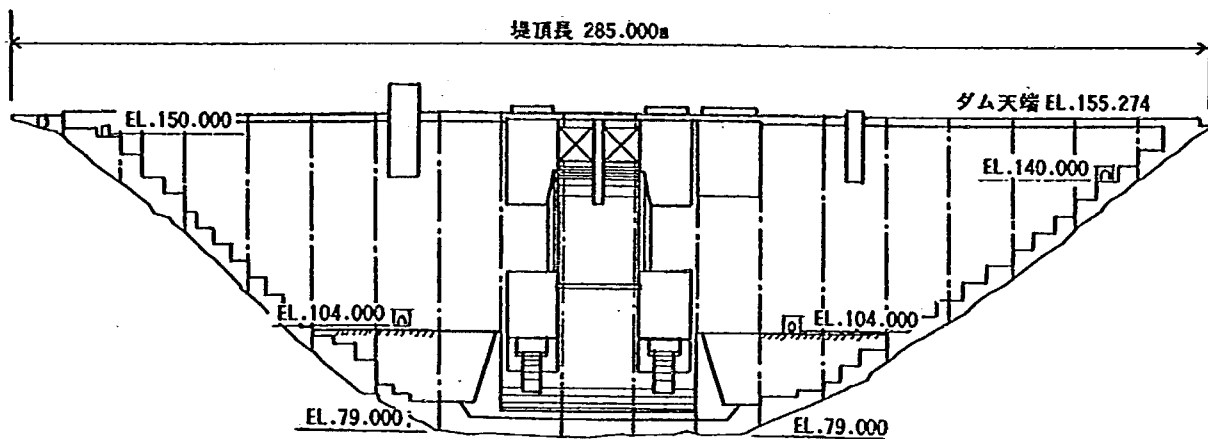


断面図

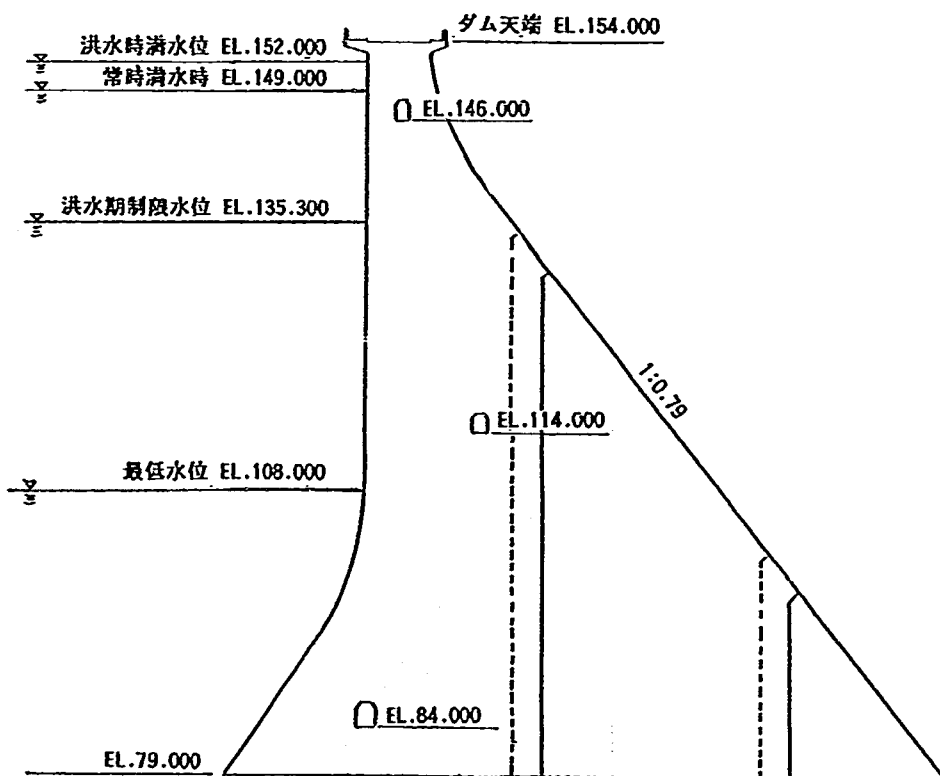


平面図

図-3.3.2 天ヶ瀬ダム



下流面図



標準断面図

図-3.3.3 一庫ダム

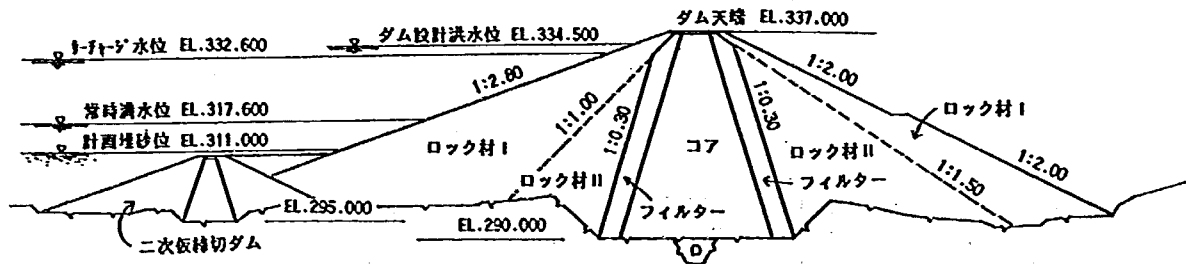


図-3.3.4 箕面川ダム 標準断面図

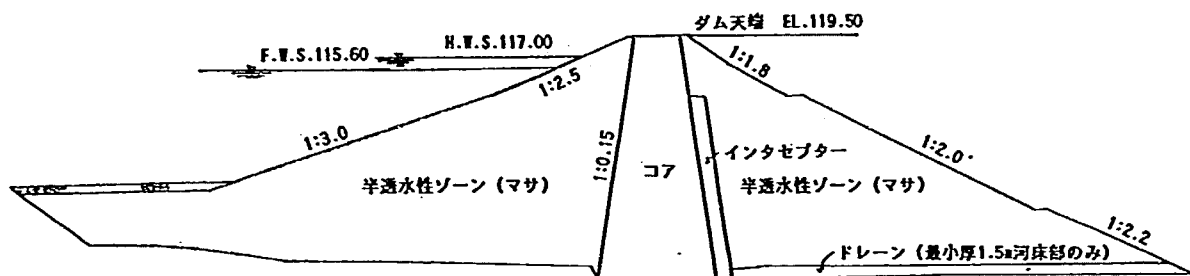


図-3.3.5 常盤ダム 標準断面図

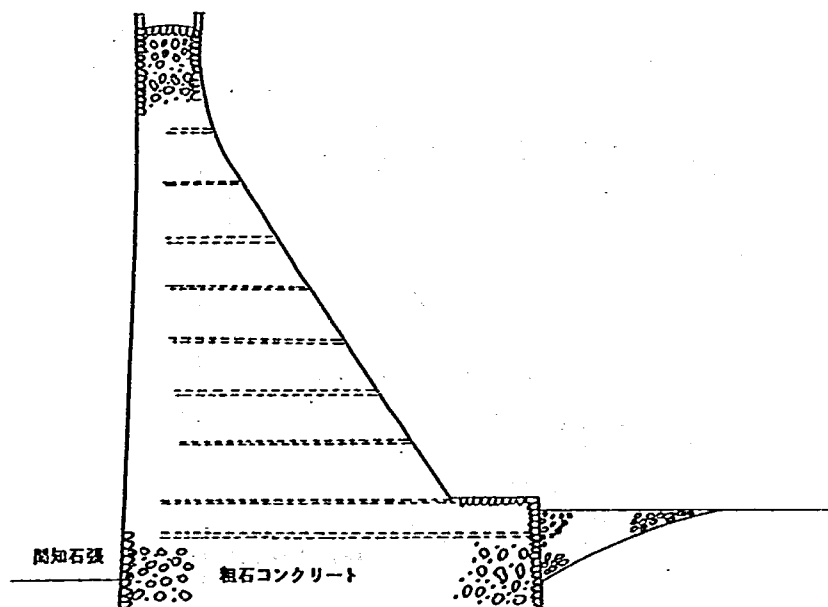


図-3.3.6 五本松ダム 標準断面図

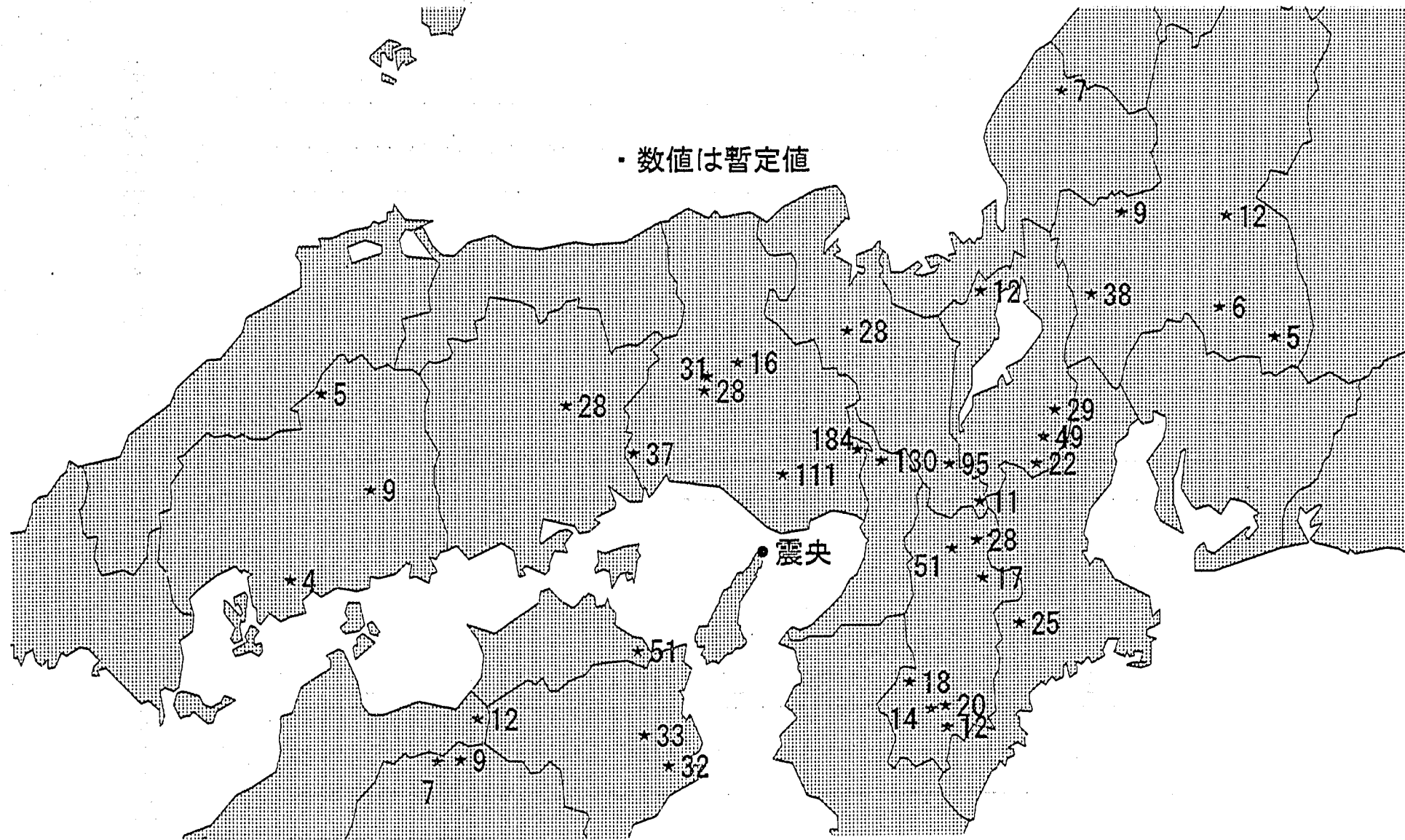


図-3.3.7 ダムサイト地盤最大加速度の分布 (単位: gal)

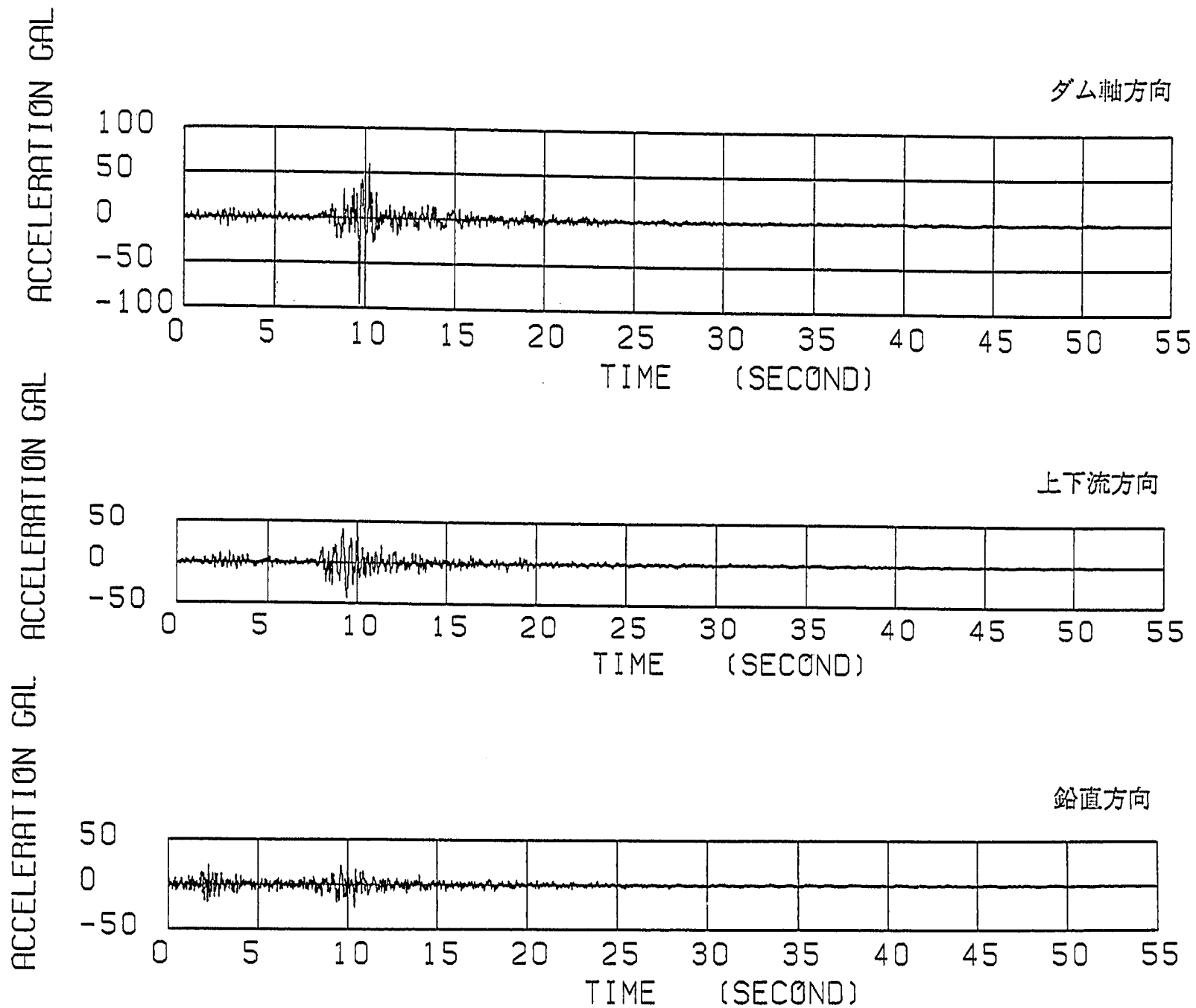


図-3.3.8 加速度時刻歴図 (天ヶ瀬ダム 堤体低標高部)

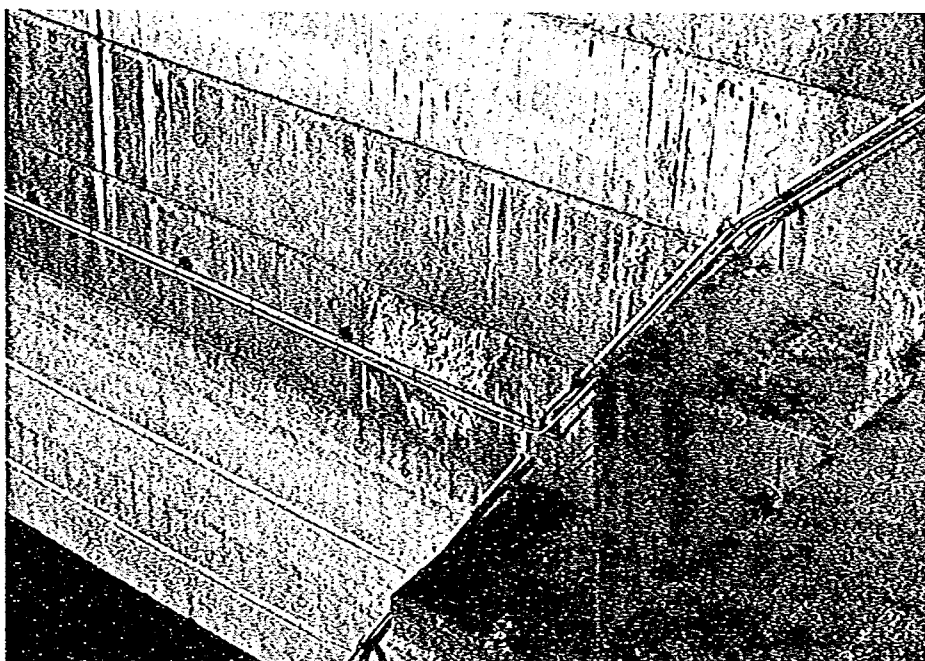


写真-3.3.1 諭鶴羽ダム 上流面モルタル部の局部的剝離



写真-3.3.2 天王ダム 右岸アバット法面からの小崩落

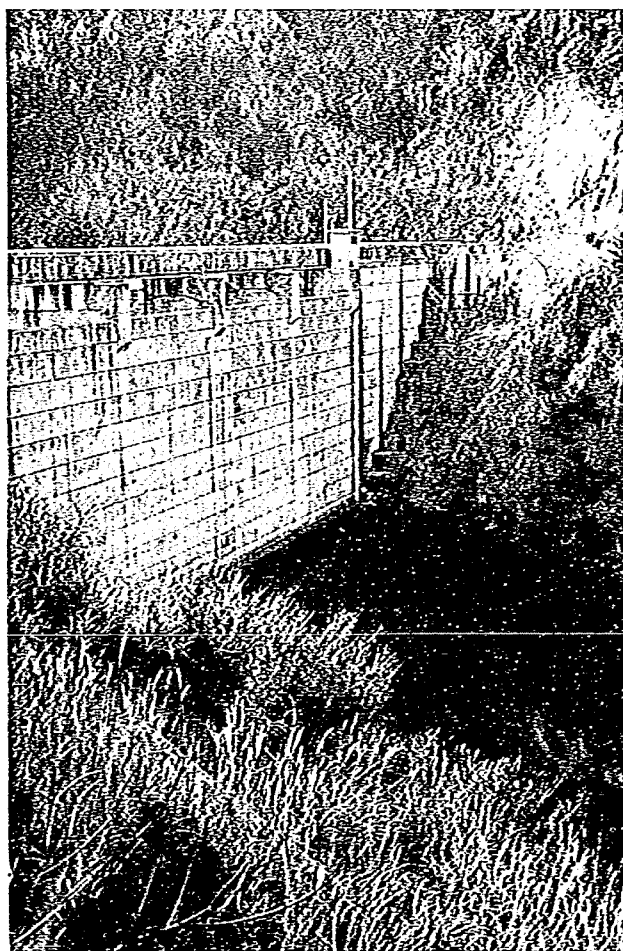


写真-3.3.3 天王ダム 上流側の状況

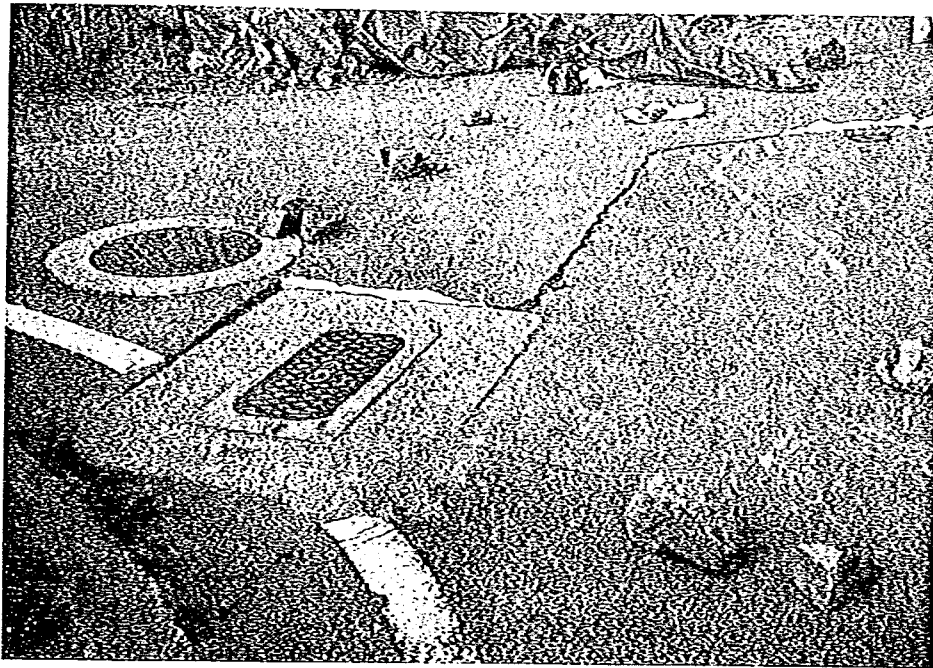


写真-3.3.4 常盤ダム 天端舗装のクラック(右岸アバット取付部)、落石



写真-3.3.5 常盤ダム 天端舗装のクラック(左岸アバット取付部)

3-4 砂防施設の被害

土木研究所被害調査団 砂防班

(1) まえがき

平成7年1月17日午前5時46分に淡路島、阪神地方を襲った平成7年兵庫県南部地震により、この地域の山地や斜面では多くの斜面崩壊、地すべり、がけ崩れが発生した。建設省土木研究所砂防部および新潟試験所では1月18日より現地調査を開始し、2月末までに計4班、17人が六甲山系およびその周辺を中心として現地調査を行った。ここでは、これまでに実施してきた現地調査、空中写真判読結果を基に、主として六甲山系およびその周辺における土砂災害（斜面崩壊、地すべり、がけ崩れ）の特徴と砂防関係施設の被災の概要を報告する。

(2) 山腹および斜面崩壊と砂防設備の被害

今回の地震による山腹崩壊、斜面崩壊は六甲山系の東側に多く分布しており、特に住吉川、夙川、仁川、逆瀬川、太田多川、塩谷、観音谷に多く分布している。(写真-3.4.1~2、図-3.4.1参照)。この他にも新生田川、新湊川で比較的大きな山腹斜面崩壊(写真-3.4.3)が、六甲山系西部においても数カ所の小規模な山腹崩壊が生じている。大部分の崩壊地は比較的規模の小さな(幅約10~20m、長さ約50~100m、厚さ約1~2m)表層滑落型の崩壊である。これらの崩壊は大月断層、六甲断層、有馬-高槻構造線付近に多く分布している1)(図-3.4.2)。特徴的な斜面崩壊としては、芦屋川中流部における右岸の岩盤斜面崩壊(高さ約50m、幅約10m)と崩土の河道への堆積(写真-3.4.4)がある。なお、淡路島北部の西側では野島断層沿いに地表面に亀裂が発生しているとともに、この断層付近では小規模な斜面崩壊が発生している。

今回の地震により、砂防設備(砂防ダム、流路工等)には安全上重大な問題となるような大きな被害はなかったが、六甲山系と周辺および淡路島において計27箇所の砂防設備(砂防ダム、流路工等)において小規模な亀裂(クラック)や護岸への損傷が起きた。



写真-3.4.1 住吉川中流部における山腹斜面崩壊

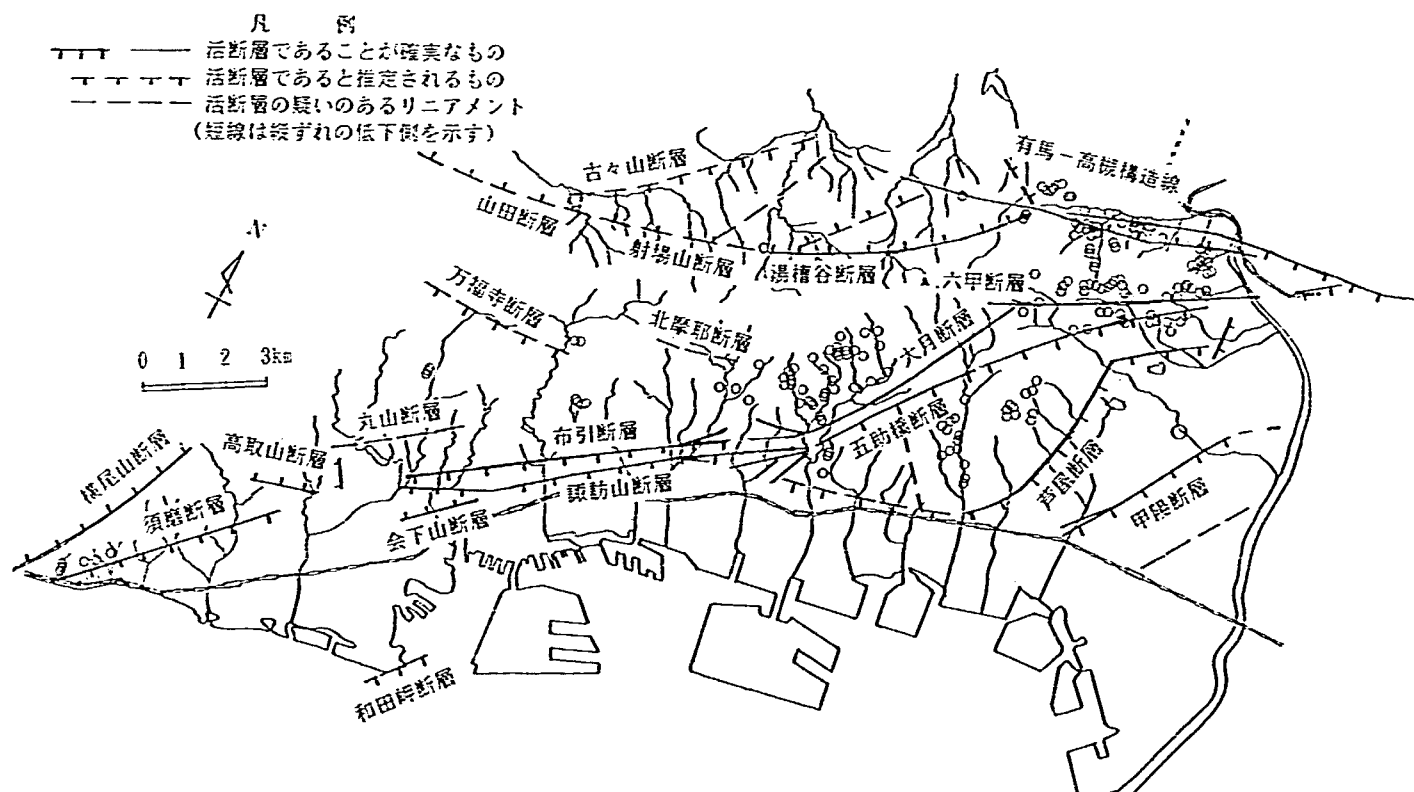
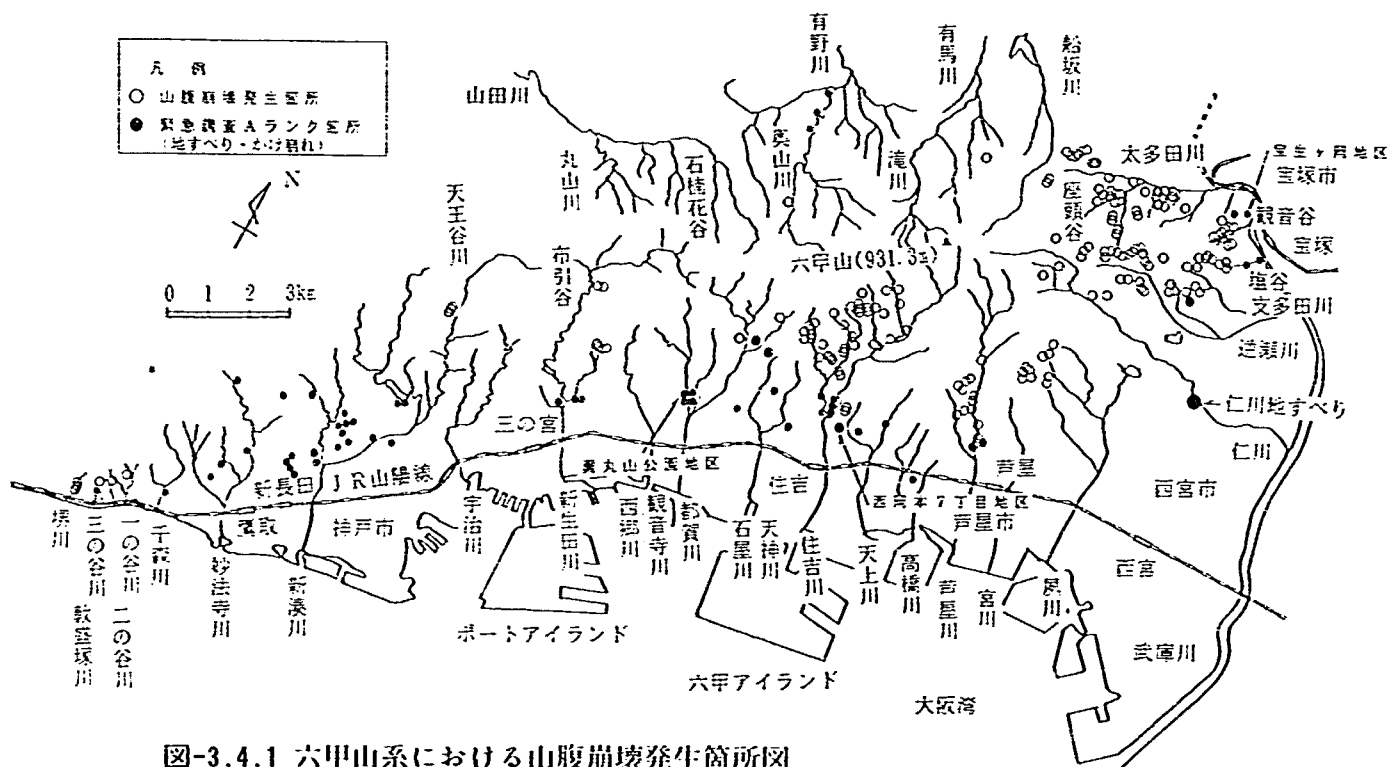




写真-3.4.2 逆瀬川上流域における山腹斜面崩壊

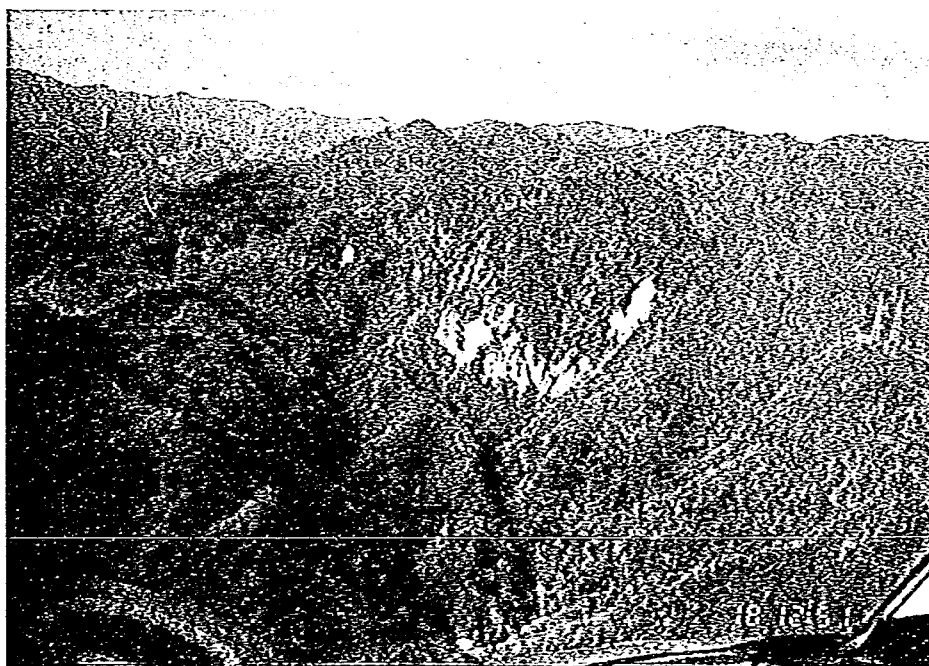


写真-3.4.3 新生田川支川芋川流域の山腹崩壊



写真-3.4.4 芦屋川中流部の溪岸崩壊と河道への土砂堆積

(3) 地すべりおよび急斜面地崩壊と施設の被害

地震による被害が多かった神戸市周辺の地質は、基岩が花崗岩で、岩屑による洪積・沖積地の堆積物である。一般に、花崗岩地帯は風化されやすく、豪雨による急傾斜地の崩壊が多発する地域である。

建設省及び地方公共団体等では、平成7年1月22日～27日の6日間にわたり最大259人の人員を動員し、2次災害防止のために、神戸市（北区、西区の一部地域を除く）・芦屋市、西宮市、宝塚市、淡路島全域の地すべり危険箇所、急斜面地崩壊危険箇所などの1,101箇所について、緊急調査を実施した。図-3.4.1に、調査結果のうちから、Aランク（緊急な対策が必要と思われるもの）とされた71箇所の分布状況を示す（淡路島など一部を除く）。Aランク箇所の分布状況は、六甲山地の南に多く見られ、特に段丘の分布する谷出口付近に多くなっている。以下に今回の地震により発生した代表的な地すべりおよび斜面崩壊の状況について記述する。

1) 西宮市仁川百合野町の崩壊性地すべり

今回の地震で発生した斜面災害のなかでも、最も大きな人的被害が発生し、かつ規模の大きかったものは、西宮市仁川百合野町の崩壊性地すべりである（写真-3.4.5）。当地区では、移動土塊の下敷きとなって34名の人々が犠牲となった。

当地区は西宮市仁川百合野町の二級河川仁川右岸斜面に位置する、ほぼ北東向きの斜面である。崩壊発生前の地形及び不動層との境界を推定して記載した断面図を図-3.4.3に示す。移動土塊は主として大阪層群と考えられており、固結度のそれほど高くない層が激しい振動によって一挙に崩壊した



写真-3.4.5 仁川百合野町の崩壊性地すべり

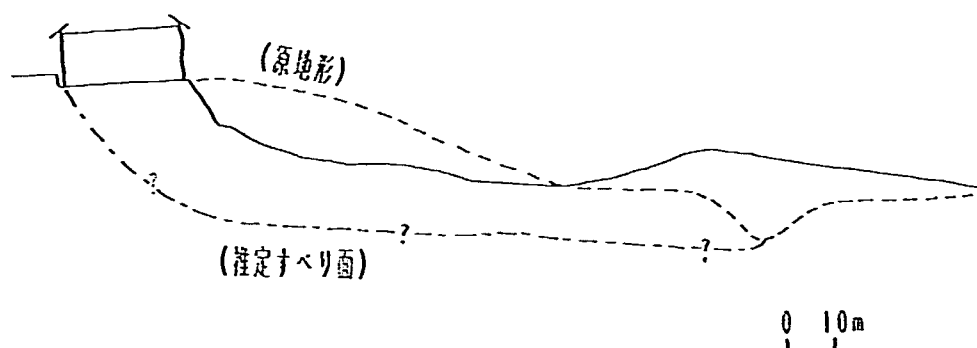


図-3.4.3 仁川百合野町地区模式横断面図

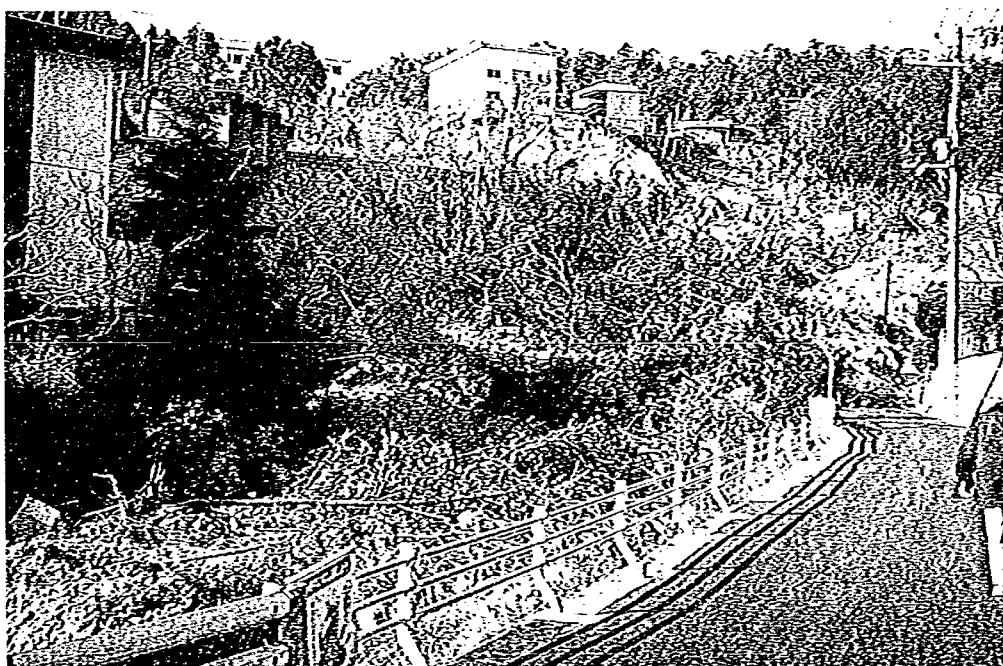


写真-3.4.6 仁川百合野町地すべりの崩土の仁川河道内への堆積

ものと考えられる。

崩壊の規模は幅、長さとも約100m、土量10万 m^3 程度と推定されている。崩壊前の斜面勾配は20度程度で、その末端部と仁川との間の平坦地にあった人家が移動土塊によって破壊された。移動土塊はさらに仁川の河道を埋没させ、対岸の仁川町6丁目地内の人家3戸及び道路に及んだ。土塊の移動量は、崩壊前の斜面頭部の舗装部分の到達距離からみて、頭部の中央で70m程度と考えられる。また、末端部においては仁川の河道沿いに、下流へ向かって100m近くに達している（写真-3.4.6）。

前述のように、仁川の河道は移動土塊によって埋塞されたが、水量が少なかったため、下流への土砂の流出は生じなかった。

一方、斜面の上部の平坦地は阪神水道企業団甲山事業所の敷地となっている。敷地の一部は崩壊に伴って滑落したが、その南側に隣接した区域では斜面上部の平坦地に連続性のある数条の亀裂が分布している。また、道路の取り付け部にも30cmほどの変位が認められる。したがって、崩壊斜面に隣接する、南側の幅約70m、長さ約100mの斜面も地震に伴ってある程度変位したのと考えられる。

2) 神戸市東灘区西岡本

本地区は、住吉川左岸に位置し、段丘面に造成された住宅地であると考えられる。本地区では、地震の際に斜面崩壊（幅約20m、長さ約20m）が発生し、その後背地には亀裂が多数発生していることから崩壊の拡大が懸念される。崩壊が発生した斜面には、のり枠工が施工されていたものの路肩の崩れとともに、のり枠工をも破壊したのと考えられる。崩壊地に隣接したのり枠工にも、20cm前後のすべり落ち、破断、浮きや亀裂が認められる。図-3.4.4、写真-3.4.7に本地区の状況を示す。

このような状況により、斜面の上部、下部地域である西岡本6・7丁目には避難勧告がなされ、現在、伸縮計、傾斜計、光波測量、GPS測量により監視が行われている。

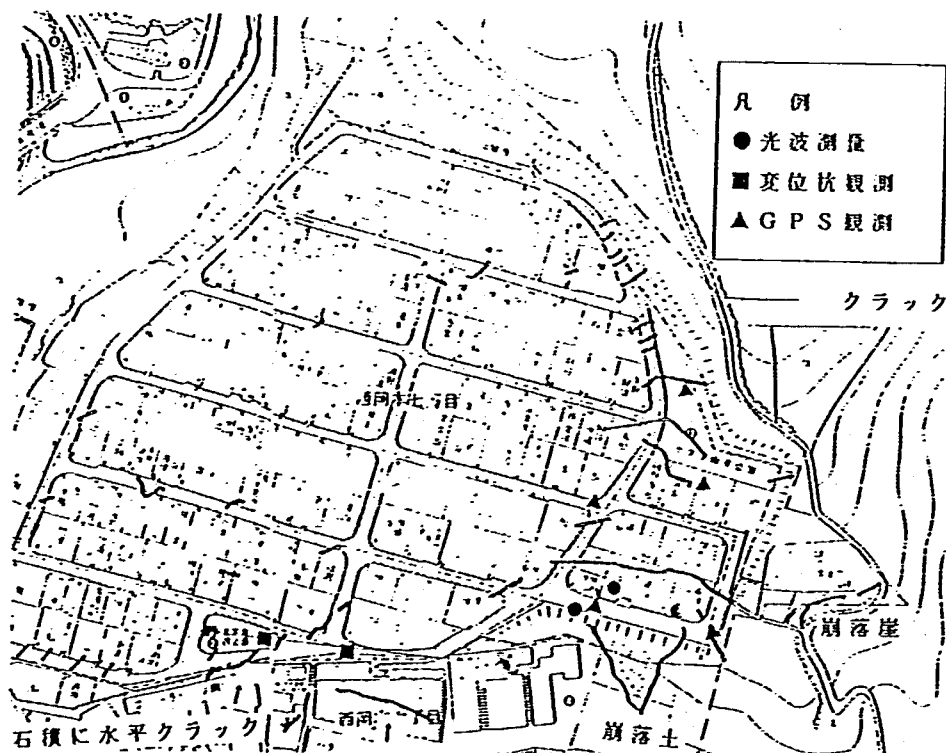


図-3.4.4 西岡本地区の斜面崩壊および変状

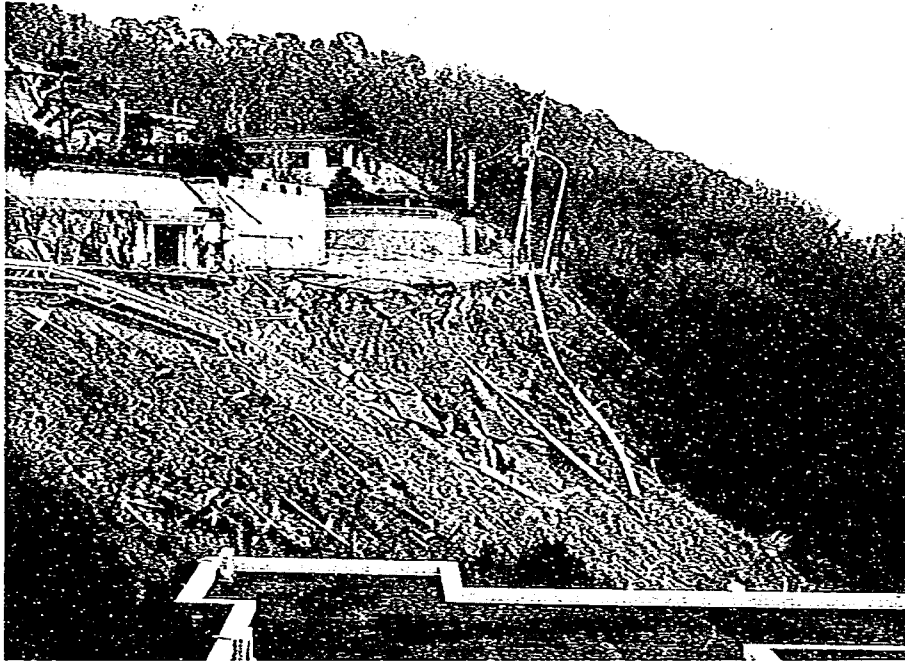


写真-3.4.7 西岡本地区の斜面崩壊

3) 宝塚市宝生が丘

本地区では、家屋の裏側の高さ約15mの崖が崩壊した。崖には、宅造時に施工されたと考えられる擁壁工とその上に吹付工が施工されていた。崩壊幅は約50mで、崩壊により吹付工の全部と擁壁の上側1/3が破壊されていた。崩土は、直下にあった家屋4軒の1階部分に流入・堆積し、1名の死亡者を出した。

4) 神戸市灘区灘丸山公園

本地区は、柚谷川右岸にある灘丸山公園で、アクセス道路のり面保護工に施設被害が生じ、公園造成の際の盛土部にコンクリート擁壁、ブロック張工が施工され、サイドの地山部分は、モルタル吹付工が施工されていた。これらの施設上部の公園地面に生じたクラックの状況をみると、この盛土部分が今回の地震により、滑動・変位したためモルタル吹付工が剥がれ落ち、ブロック張工、コンクリート擁壁工に亀裂などが生じたものと考えられる。コンクリート擁壁工部分は、長さ約50mにわたりほぼ水平に亀裂がはいり、その上部が約50cm押し出されている。

(4) あとがき

西宮市の仁川百合野町における崩壊性地すべりにより34名、宝塚市宝生が丘、長田大丸町におけるがけ崩れで計3名の尊い命が奪われたが、その他には直接的な土砂災害による死者は発生しなかった。しかしながら、六甲山系および淡路島北部を中心として山腹崩壊、斜面崩壊、がけ崩れ、斜面へのクラックが多数生じており、山地や斜面の地盤は地震によりゆるんでおり、崩土も多量に山腹や溪流に堆積している。このため今後の降雨により土石流、地すべり、がけ崩れ等の二次的な土砂災害が発生する危険性が高まっている。今後とも、これらに備えてより詳細な調査をするとともに、適切な対応を行う必要がある。

最後に、地震発生直後の多忙な中、調査に御協力頂きました建設省砂防部、近畿地方建設局、同六甲砂防工事事務所の皆様方に心より謝意を表します。

なお、砂防関係の初動調査は矢澤昭夫砂防部長、砂防研究室からは石川芳治室長、小山内信智主任研究員、石塚忠範研究員、前田昭浩研究員、地すべり研究室からは綱木亮介室長、萬徳昌昭研究員、急傾斜地崩壊研究室からは門間敬一室長、武士俊也主任研究員、笹原克夫研究員、小嶋伸一研究員、藤平大研究員、海老原和重技官、新潟試験所から、秦耕二所長、丸山清輝主任研究員、加藤則男研究員、内田忠男技官が行った。

参考文献

- 1) 活断層研究会編：日本の活断層、東京大学出版会、1991年3月

3-5 下水道施設の被害

以下に示す被害状況は被災時点のものであり、これらの一部については、順次復旧が図られてきている。

(1) 下水処理場・ポンプ場施設

今回の地震により、兵庫県、大阪府、京都府内の43処理場において被災し、内兵庫県内の8処理場で処理機能に影響を生じた。この内7処理場については、仮復旧が完了し高級処理が確保されている。残る神戸市東灘処理場については、被害程度が大きく、現在隣接運河を締切り沈殿池とすることにより対応しているが、5月初旬を目途に仮復旧を行い高級処理に移行の予定である。

1) 神戸市

7処理場の内3処理場（東灘、中部、西部）で、処理機能に影響が出ている。

a) 東灘処理場（処理能力225,000m³/日）

今回の地震により、下水道施設の中では最も大きな被害を受けている。

運河を揃って北側の魚崎ポンプ場より、下水を最初沈殿池まで圧送しているが、この水路が継手部4箇所破断し、処理施設への下水の送水が不能となっている。エアレーションタンクも目地が開き、一部に亀裂が入っている。最終沈殿池では汚泥掻き寄せ機のチェーンが外れている。地下の管廊、返送汚泥ポンプ室は水没し排水が行われたが、数箇所の目地部分より相当量の湧水がある。汚泥濃縮槽・消化槽については構造的には被害はないと思われるが、汚泥配管が折損しており運転が不能である。処理水利用のための濾過池は傾斜し、杭が破損している。管理本館建物は北側に数十cmのずれを生じている。脱水機室についても北側数十cmのずれを生じており、鉄骨・外壁等が大破している。また、杭の一部が破断している。送風機室の補機室は水没している。処理場北側の護岸は運河側に2～3mずれており、場内各所に1m前後の沈下を生じている。また、各施設を接続する場内配管については破断箇所が多数に上っており、処理場が処理システムとして機能することが不可能な状況である。

以上のような深刻な被害状況であり、まず処理施設へ流入下水を送ることが不能となっていることから、処理場とポンプ場の間にある幅40mの魚崎運河を、延長300mにわたってH鋼横矢板締切を行い、仮設沈殿池を設けることにより2月6日より沈殿処理を開始している。また、消毒のための次亜塩素酸ソーダの注入も実施している。今後処理水質の状況を見ながら、凝集剤の注入等水質改善策について検討することとしている。

b) 中部処理場（処理能力77,900m³/日）

最終沈殿池の掻き寄せ機の6池の内3池が動かなくなり、処理能力の約1/2で運転している。海水がかなり流入している模様。最終沈殿池の堰は傾いており、水処理施設からは漏水している。

c) 西部処理場（処理能力161,500m³/日）

ブロワーが水に浸かったため処理能力の20%で運転。最終沈殿池の掻き寄せ機が動かなくなっている。地下ポンプ室が一部浸水。

d) ポンプ場

汚水ポンプ場18箇所の内2箇所で運転不能。大石ポンプ場では電気室の浸水、ポートアイランド第3ポンプ場では液状化による浸水が生じた。

2) 西宮市

a) 枝川浄化センター (処理能力126,000m³/日)

処理能力の50%で運転、北系列は最終沈殿池流出渠の亀裂により管廊に浸水するため運転停止。管渠の液状化に起因すると想定される処理場への砂の流入。処理能力63,000m³/日に対し、不明水により約20万m³/日の流入があり、処理能力を越える分は減菌放流を行なった。

沈砂掻き揚げ機は稼働不能。流量調整池は流入井と本体躯体接合部が破損、亀裂による漏水のため使用不能である。雨天時塩素混和池は水処理施設との接合部で破断し沈下している。最初沈殿池と塩素混和池間の導水渠が破断。放流渠は吐口部で護岸の移動のため破断。工作室、守衛室、脱硫室他は倒壊または半壊している。沈殿池汚泥掻き寄せ機は振動によりフライトが脱線、破損し駆動不能である。用水設備はポンプケーシング、配管ラインの破損。汚泥ドラムスクリーンは基礎架台が沈下している。汚泥濃縮設備は整流筒が落下、配管・サポート損傷、ポンプ類は芯ずれにより運転不能。汚泥分配層は転倒している。焼却設備は耐火煉瓦が剥離・脱落し、炉補機の基礎が損傷。場内の地下埋設配管は一様な地盤沈下のため、躯体と配管の接合部で可撓ジョイントが許容変位量を超えている。

b) 甲子園浜浄化センター

沈殿池では汚泥掻き寄せ機のフライトが振動により脱線し破損、駆動不能となる。塩素混和池は用水棟とのEXP.J部で躯体が乖離し傾く。処理はバイパス水路で運転。放流渠吐口は護岸の移動により吐口部、DCIP管接続部が破断。場内連絡管廊はEXP.J部で目地材が飛び出し、躯体隅角部の破損、止水板の損傷があり、漏水がひどい。場内の地下埋設配管は一様な地盤沈下のため、躯体と配管の接合部で可撓ジョイントが許容変位量を超えている。場内道路は液状化により隆起、陥没が多数発生。

c) 鳴尾浜浄化センター

沈殿池では汚泥掻き寄せ機のフライトが振動により脱線し破損、駆動不能となる。放流渠吐口は護岸の移動により吐口部管路(φ2000、ヒューム管)が破断。場内連絡管廊はEXP.J部で目地材が飛び出し、躯体隅角部の破損、止水板の損傷があり、漏水している。場内の地下埋設配管は一様な地盤沈下のため、躯体と配管の接合部で可撓ジョイントが許容変位量を超えている。流入下水管(φ1350、ヒューム管)は亀裂が入り漏水している。ポンプ室吐出管(DCIP)は、ポンプ室からの接合部でメカニカルジョイント部が破断している。

d) ポンプ場

10ポンプ場の内6ポンプ場で機能的な破損が見られる。受変電設備の破損、浸水、冷却水システムの故障、軸芯のズレ等が原因と考えられる。

3) 芦屋市

a) 芦屋処理場 (処理能力51,175m³/日)

ポンプ場吐出側の汚水圧送管(φ900×2本)は2本ともメカニカルジョイント部脱落、このため処理施設への下水の送水が不能になった。最初沈殿池からエアレーションタンクへの導水路に大きな

亀裂。雨水放流渠（□3 m）は吐口付近で3箇所の陥没、上部からの掘削により破断が確認された。沈殿池機械設備は振動により汚泥掻き寄せ機のフライトが脱線し駆動不能。電気棟・ポンプ棟間の地下電力ケーブルの損傷。処理場地盤は全体的に数10cmの沈下。

b) 大東・南宮両雨水ポンプ場では、相当の沈下が見られる。

4) 尼崎市

a) 東部第一浄化センター（処理能力79,000m³/日）

通常時（60,000m³/日）に比べ3倍の流入があり、処理不能分は簡易処理で対応。最初沈殿池6系列全部、最終沈殿池6系列中3系列の汚泥掻き寄せ機破損、稼働不能。

b) 東部第二浄化センター（処理能力82,400m³/日）

エアレーションタンクから最終沈殿池への場内配管の亀裂により漏水し、送水不能となった。このため全量の簡易処理を実施した。

5) 兵庫県武庫川上流処理場（処理能力71,000m³/日、神戸市北区）

ポンプ冷却水槽（FRP）底部に亀裂、冷却水流出、別ラインで仮復旧。水処理開口部のPC版が落下し、掻き寄せ機の半分破損。

6) 大阪市

処理場12箇所、ポンプ場8箇所て被害がでている。

a) 海老江処理場

濃縮槽の覆蓋変形。最初沈殿池脱臭ダクト支持部破損。上工水配管漏水。北面ブロック塀破損。ホッパー室EXP.Jの破損。送水管漏水。

b) 佃第2ポンプ場

非流渠の漏水。増設詰所の沈下によるEXP.Jの破損、室内の床壁面の亀裂。ブロック塀の倒壊。燃料配管変形。給水配管漏水。

(2) 管きょ施設

1) 神戸市

a) 管渠施設の主な被害は次の通り。

①生田低区幹線（φ900mm）の一部破損

②駒栄東污水幹線 陥没、路面沈下とともに被災の模様。

③地下鉄大開駅付近幹線 路面陥没とともに破損。

b) 調査と応急処置の状況

神戸市では処理区域全域約16,000haを対象として、1月22日まで1次調査（被害状況の迅速な把握を目的とした、地表面、マンホール内、管内の目視調査）を実施し、その結果約1,400件の被害が判明した。これに基づき2次調査対象として污水管983km、雨水管357kmを決定し、2月23日現在、家屋倒壊等による調査不能部分を除いて調査をほぼ完了している。污水管の内57kmについてはカメラによる調査が行なわれている。これらの結果は現在取りまとめ中である。

2月23日現在の応急処置の状況は、表-3.5.1の通りである。

2) 西宮市

約1,240haに被害を予想。液状化に伴う不同沈下により、相当の被害がある様子であり、現在調査中である。

西宮浜汚水幹線では発進・到達部の入孔に亀裂が入り、可撓セグメントが破損。セグメント継目の破損箇所多数、地下水の流入がある。

表-3.5.1 被災応急処置の状況（神戸市） 2月23日現在（単位：件）

	内 容	累 計		割合（％）
汚 水	管渠の損傷	1 4 8	(2 3)	2
	入孔の損傷	2 3 8	(1 6)	3
	取付管異状	4 2 7	(5 2)	5
	排水設備損傷	7, 6 0 2	(9 3 6)	8 4
	閉 塞	4 5 4	(0)	5
	その他	8 1	(1)	1
	小 計	8, 9 5 0	(1, 0 2 8)	1 0 0
雨 水	閉 塞	3 3	(8)	1 3
	損 傷	2 0 5	(4 1)	8 3
	土砂堆積	1 0	(3)	4
	小 計	2 4 8	(5 2)	1 0 0
合 計		9, 1 9 8	(1, 0 8 0)	—

注) 「その他」には、マンホールの浮上沈下・陥没など入孔の損傷を伴わない応急処置、排水設備・共同排水設備のトラブル等の処置を含む。

() 内は処理継続中件数。本表は神戸市発表資料による。

(3) 被害調査・復旧体制

a) 建設省の体制

建設省では下水道施設の被災調査、災害復旧について支援するため、1月19日に下水道地震対策連絡会議を設置、また、1月24日には現地支援本部（大阪市）を設置している。

b) 他自治体からの支援

被災都市に対しては他府県からの支援が進められており、特に神戸市に対しては12大都市による管渠被害調査の支援が行なわれている。2月17日までの建設省、日本下水道事業団および地方公共団体による支援実績は延べ6,902名となっており、引き続き災害査定支援が実施されている。

c) 対策の調査機関

日本下水道協会に下水道地震対策技術調査検討委員会（委員長平岡正勝京大名誉教授）が設置され、下水道施設の地震対策について調査。平成8年度まで継続。2月9日、10日に第1、2回委員会が開催された。3小委員会を設置し、被害状況の把握と原因解明、耐震設計の在り方について調査している。

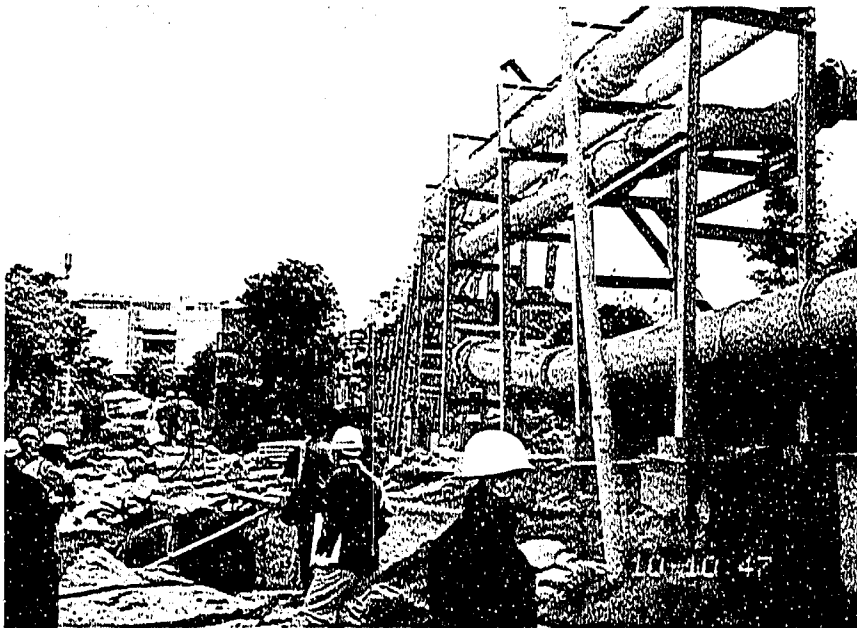


写真-3.5.1 場内送水管と流入渠の破損（神戸市東灘処理場）

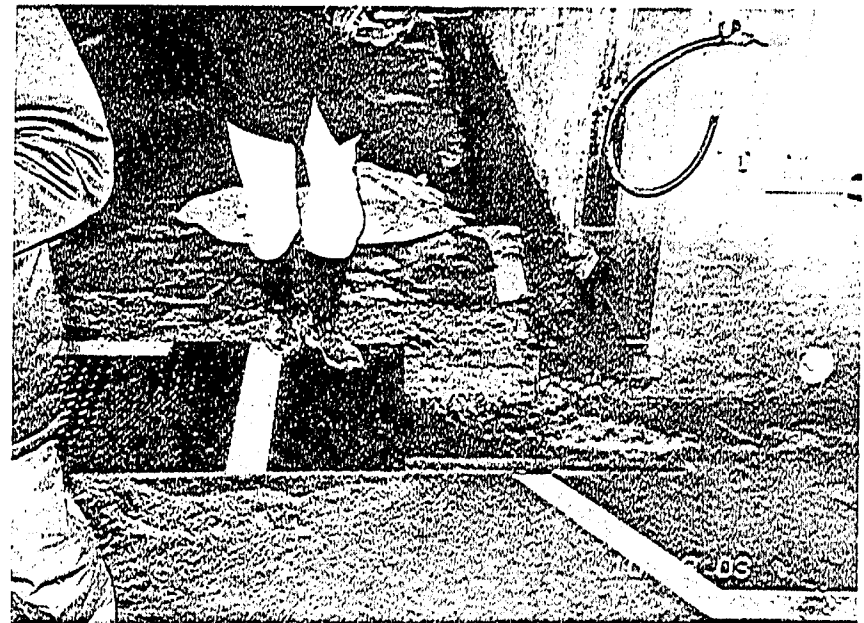


写真-3.5.2 地下管廊の目地部分からの湧水（神戸市東灘処理場）

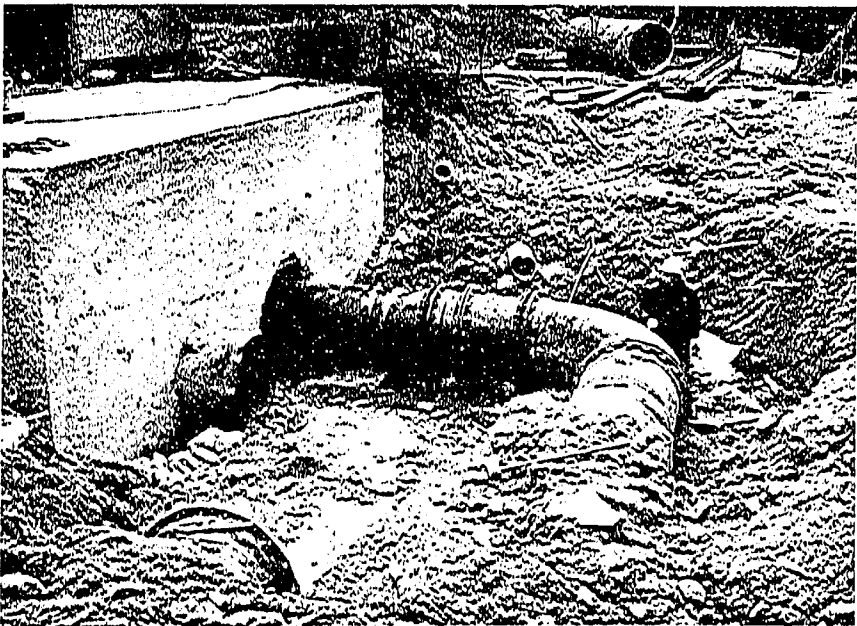


写真-3.5.3 場内圧送管の破損と復旧状況（芦屋市芦屋処理場）

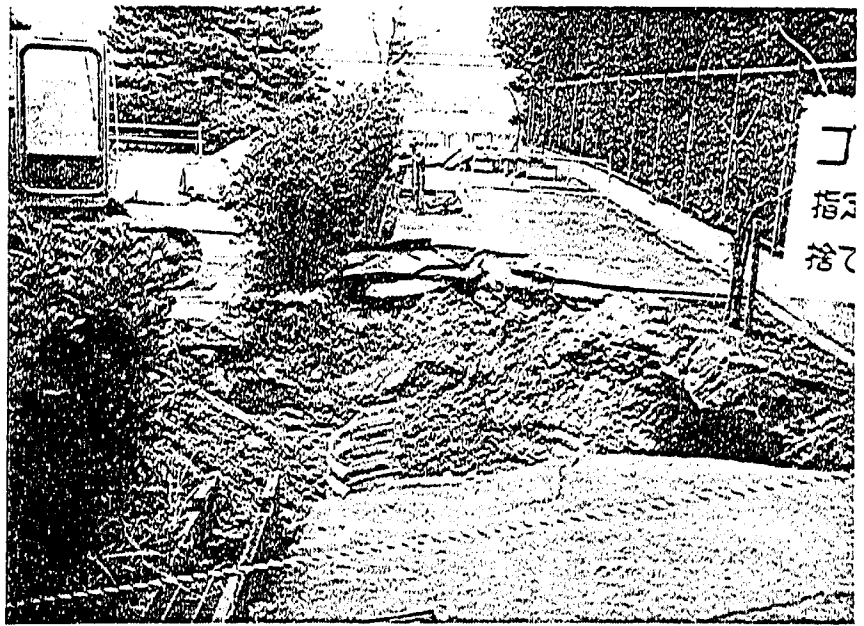


写真-3.5.4 放流渠の破損と復旧状況（芦屋市芦屋処理場）

3-6 材料施工関係の被害

土木研究所被害調査団 材料施工班

3-6-1 擁壁・土留め構造物関係の被害

(1) 調査の概要

兵庫県南部地震における擁壁や土留め構造物の被災状況を把握するために土木研究所材料施工部施工研究室では現地調査を行った。現地調査は、1月27日～28日の2日間、3名が神戸市及び西宮市、芦屋市、宝塚市を対象として実施した。調査対象は、道路擁壁を中心に鉄道、宅地擁壁、護岸等の土留め構造物とし、石積み（ブロック積み）やコンクリート擁壁以外にも最近施工実績の増えている補強土壁工法についても調査対象とした。

(2) 調査結果

1) 被害分布

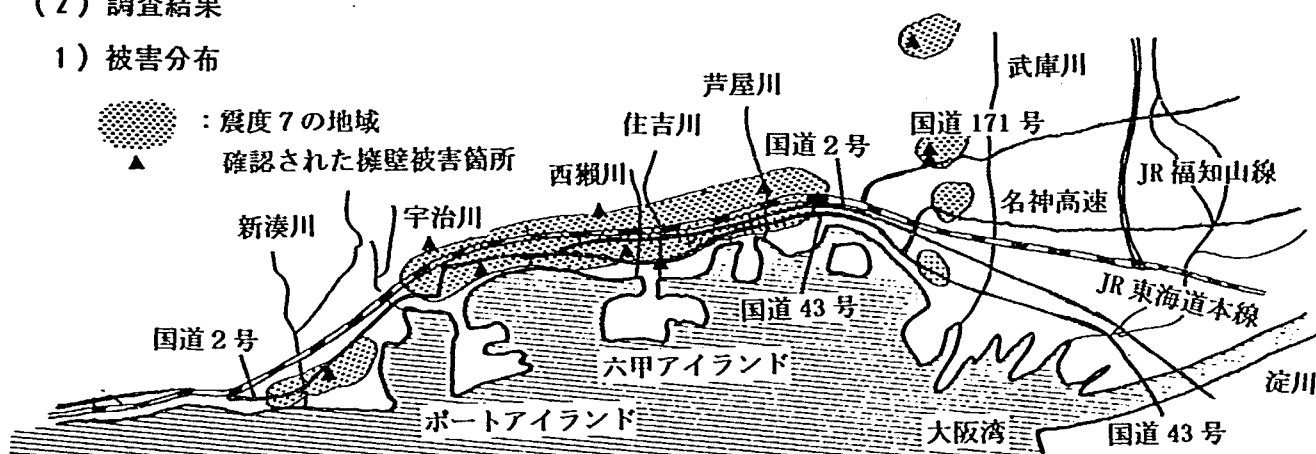


図-3.6.1 被害分布図

これまでの震災において、擁壁等土留め構造物は比較的ねばり強い構造物と言われている。今回の阪神・淡路地震においても図-3.6.1に示すように東灘区、灘区、中央区、西宮市、芦屋市の海岸から山手にかけての震度7を記録した地区において擁壁・

土留め構造物に被害を生じているが、震度6以下の山手から六甲山の北側については、地形の関係上多くの土留め構造物が見られるが石積み擁壁に亀裂がみられる程度で崩壊等の大きな被災が生じた土留め構造物は少なかった。

2) 道路擁壁の被災状況

道路擁壁は、山手では石積みやもたれ式擁壁を主体に多くの擁壁があるが、震度がそれほど大きくなかったために被害を受けた箇所も少なかった。一方、震度の大きかった海岸部では河川の横断や跨線橋の橋台取付部に擁壁が用いられている程度で、その数が少なく被害を受けた擁壁等も限られていた。

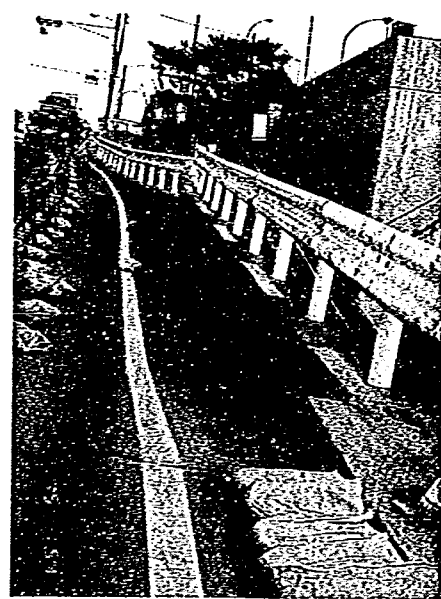


写真-3.6.1

a) 山手幹線石屋川アプローチ部控え壁式擁壁

写真-3.6.1は石屋川を渡る山手幹線の橋梁アプローチ部に設けられた控え壁式擁壁が2～30mに渡って前方に転倒するように変状し、背後の道路が50cm程度陥没していた。当該箇所は河川堤防へ向かう上り坂であり、擁壁高は1mから7m程度まで連続的に変化しているが、高さ1m程度の部分でも転倒を生じている。当該地区は木造家屋の倒壊が多く、完全に倒壊した家屋も見られた。

b) その他

灘区岩屋地区の市道の跨線橋のアプローチ部の擁壁が被災していた。このほかの擁壁では、今回の調査した範囲では、神戸市、宝塚市や芦屋市の山手の市道においてコンクリート擁壁や石積み擁壁にひび割れを発生しているが、擁壁が倒壊するような大きな被害は見られなかった。

また近年施工実績の増えている補強土壁工法についても調査を行ったが、構造上問題となるような変状が生じている例は確認できなかった。

3) 鉄道擁壁の被災状況

鉄道擁壁は、JR、阪神、阪急とも震度7を記録した地域に河川の横断する箇所等で切土・盛土構造、擁壁・土留め構造物となっている箇所が多く、擁壁・土留め構造物にも大きな被害が生じている。

a) 東灘区深江地区東海道線鉄道擁壁

東海道線の拡幅のための高さ5～7m程度のL型擁壁が長さ100m程度にわたり被災していた。被災の状況は、写真-3.6.2に示すように滑動によって約10～30cm程度水平には移動しており、当該部分の線路は湾曲していた。基礎は杭基礎であった。また、L型擁壁に続いてジオテキスタイルによる補強土壁工法が数100mにわたり施工されていたが、その被害は、写真-3.6.3に示すように目地部でようやく確認できる程度しか変位していなかった。なお、当該地区は、大きな建築物は見あたらないが、木造の住宅はほとんど全て倒壊するなど特に被害が甚大な地域の一つであった。

b) 阪神石屋川駅東側海側擁壁

石屋川駅のすぐ東側、石屋川を渡った鉄道橋の取り付け付近にある高さ5～6mの高さの擁壁が写真-3.6.4に示すように崩壊していた。断面からの擁壁の形状は重力式擁壁と推定される。崩壊箇所の向こう側の擁壁は高さの三分の一程度にある打継ぎ目

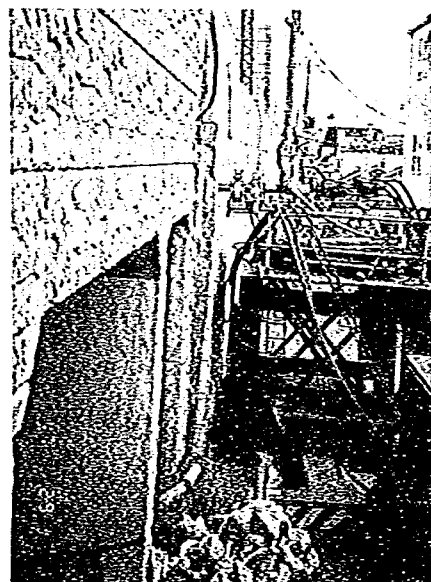


写真-3.6.2

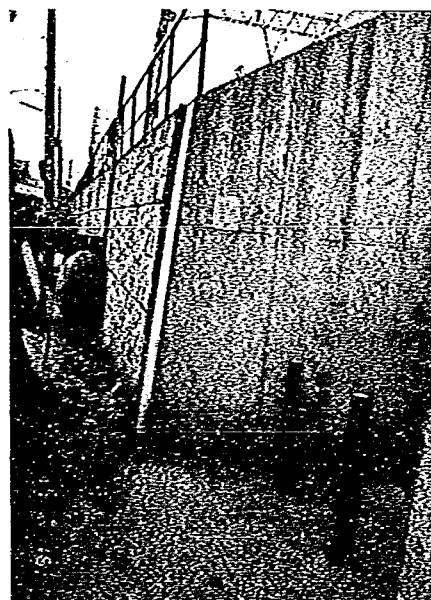


写真-3.6.3

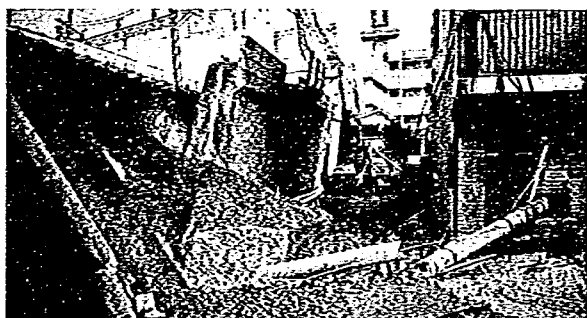


写真-3.6.4

または継ぎ足し部に亀裂が入っており、崩壊箇所も転倒に加え、打継ぎ目または継ぎ足し部分から破壊したのではないと思われる。周辺の被災の状況は線路に面したビルは写真手前側に傾き、路地奥に見える電柱は中程から折れ、鉄道架線がS字型に座屈するなどの被害が生じていた。

4) 河川護岸の被災状況

今回の地震で大きな被害を出した平地部には瀬戸内海に流入する小河川が数多く存在する。これらの河川の護岸は石積み形式が多くみられた。今回調査を行った地域のこれら石積み護岸では前方へのはらみ出し、陥没、亀裂が生じ、こうした護岸の変状にともなう堤内側道路の亀裂等が見受けられた。

a) 神戸市東灘区住吉川石積み護岸

芦屋川、住吉川、石屋川等においては、その護岸は、石積み護岸で施工されているが、周辺家屋の被害が大きい地域では石積み護岸に、はらみ、陥没、亀裂等の変状が頻繁に確認された。また、護岸の崩落、堤内側の道路路面の沈下等も相当数確認された。写真-3.6.5は東灘区の魚崎付近における住吉川右岸の石積み護岸の被害状況である。写真中央付近において石積み護岸が河道方向に崩落し、それに伴って上部に設置されていた手すりと遊歩道の一部がともに崩落している。100mほど下流でも同じような崩落がみられ、そのあいだは崩落には至らないものの、のり面がはらみ出しており、本来高さの揃っていた手すりの高さが不揃いになっている。写真手前の左岸側においても変状が発生しており、堤内側道路路面の沈下、亀裂が発生している。



写真-3.6.5

5) 宅地擁壁の被災状況

宅地擁壁は御影石を用いた石積み擁壁が多くみられた。西宮市など被害の激しかった平地部で高さ50cm程度小規模な擁壁であっても崩壊、亀裂、積み石の抜け落ち等の変状がみられた。特に空積みと思われる石積みにおいては変状が無くとも石と石の間のモルタル目地に沿って、全面にわたって亀裂の入っているものがほとんどであった。一方山手においては擁壁のほとんどは平地部に比べて高いものであったが、石積み擁壁に亀裂が確認されたほか、崩落や抜け落ちはほとんど見られなかった。写真-3.6.6は、芦屋市の住宅地での高さ2.5m程度の巨石積み擁壁であるが、石と石の間の目地部分に亀裂が発生している。



写真-3.6.6

(3) まとめ

擁壁や土留め構造物は、震災のあった地域に広く分布しているが、今回の報告では限られた調査期間と調査員数での調査結果について報告するものであり、被害の分布や被災状況と震度の関係など被害の全容については今後の調査に委ねることとする。

3-6-2 建設機械による応急作業状況

兵庫県南部地震発生後の建設機械等を利用した応急作業状況について調査概況を報告する。

(1) 不安定な構造物の応急支持及び解体

壊れて傾いたビルなど、解体に特殊な機械・工法を必要とする未着手の被災構造物が多数みうけられた。倒壊した二階建て程度の民家については、解体作業がバックホウ、つかみ機装着ショベルで行われていた。

高架道路の落橋部や損傷したコンクリート構造物などの解体については、ブレーカまたは圧碎機で小割りし、バックホウにてダンプトラックへ積み込みが行われていた。高架の損傷部については、応急支持のため、クレーン、高所作業車、などによりベントの搬入・組立が行われていた。

(2) 道路状況、構造物の撤去

バックホウ、つかみ機装着ショベル、クレーン等が活用され、幹線道路及び主要な生活道路はおおむね啓開されていた。しかし、国道2号線沿線においても、依然として倒壊した家屋が歩道上へ張り出し危険なため、歩行者が通行不

能な箇所がみうけられ、さらに緊急車両や復旧支援資材の運搬車両、自転車、歩行者などが集中し交通渋滞となっていた。

(3) その他

被災した構造物を補修または撤去するための応急作業は既存の建設機械の応用で対応されていた。

今後の震災対策の検討においては、被災状況を迅速に把握する手法や被災した構造物を緊急に点検するためのルーツが重要であると感じられた。また、大規模な地震の直後に一斉に発生する応急作業のニーズに対し、円滑に資機材を調達、運用する方法も課題であると考えられる。



写真-3.6.9 ブレーカによる小割作業



写真-3.6.10 高架桁下でクレーンを用いて行われるベント構築の作業



写真-3.6.7 つかみ機装着ショベルによる民家の解体作業



写真-3.6.8 圧碎機による解体作業

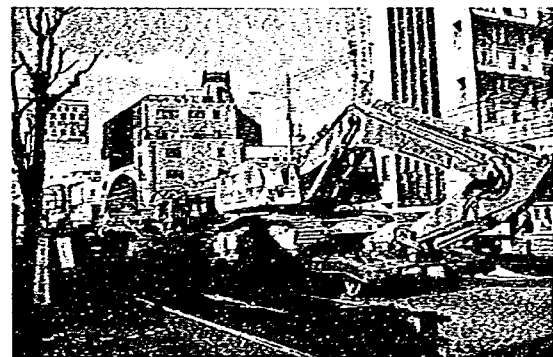


写真-3.6.11 緊急車両に混じって回送される大型バックホウ (国道2号線)

3-7 地下構造物の被害

土木研究所被害調査団 地下構造物班

(1) はじめに

従来、地下構造物が地震動により被災した例は極めて希であり、一般には耐震性が高いと言われてきたが、兵庫県南部地震では地下鉄をはじめとする各種の地下構造物に被害が生じた。主要な被災箇所の位置を図-3.7.1に示す。

土木研究所では、今回の地震における地下構造物関係の被災状況の把握と現地での技術指導を目的として、以下のメンバーからなる調査団が平成7年1月25日から26日の2日間にわたって現地調査を行った。その結果を以下に示す。ただし、被災額等は2月末の時点における値である。

川島 一彦 土木研究地下開発研究官
村西 正美 同、道路研究室主任研究員
高宮 進 同、交通安全研究室研究員
真下 英人 同、トンネル研究室主任研究員
星隈 順一 同、耐震研究室研究員
古関 潤一 同、動土質研究室

(2) 地下鉄の被害

1) 概要

地下鉄の被災状況を表-3.7.1に示す。開削工法で施工された5つの駅と総延長約3kmの隧道部（微小な亀裂を除く）が被害を受けた。神戸高速鉄道によれば、高架部を除く被災額は約300億円にのぼり、大開駅の復旧に約100億円、隧道部の復旧に約180億円を要する見込みである（神戸市営地下鉄の被災額は未算定）。

2) 神戸高速鉄道の被害

大開駅の平面・断面図を図-3.7.2に、軌道階（B2）の被災状況を写真-3.7.1に示す。計31本の中柱が破壊して上床版が崩落した。また、側壁上ハンチ部のコンクリートが剥離して鉄筋が変形し、4本の中柱に亀裂が生じた。これらにより、地上部の国道28号線の路面が写真-3.7.2に示すように、長さ約90m、幅約23mにわたって最大2.5m程度陥没した。駅周辺の隧道部にも、写真-3.7.3、写真-3.7.4に示すような被害が生じた。

高速長田駅の軌道階（B2）の中柱の破損状況を写真-3.7.5に示す。破損した中柱は、鉄筋が変形したものが5本、亀裂のみが生じたものが9本の計14本であった。

3) 神戸市営地下鉄の被害

上沢駅と三宮駅の被災箇所の横断面図を図-3.7.3、図-3.7.4に示す。また、新長田駅の軌道階（B2）と上沢駅の電気室（B1）、及び三宮駅機械室（B1）の中柱の破損状況をそれぞれ写真-3.7.6、写真-3.7.7、写真-3.7.8に示す。幅5mm以上の破裂が生じた中柱は、それぞれの駅で8本、91本、及び60本であった。なお、三宮駅の軌道階（B2及びB3）の鋼管柱には異常は認められなかった。

隧道部では、新長田駅東側（図－3.7.5参照）と上沢駅西側において、それぞれ64本及び27本の中柱に幅5mm以上の亀裂が生じた。

（３）共同溝、C A Bの被害

１）概要

共同溝の被災状況を表－3.7.2に示す。神戸市内及び尼崎市内の２箇所に合計約7kmの延長にわたって敷設されていたが、いずれも被害は比較的軽微で、構造本体の安定性や収容物の機能に影響を及ぼすような損傷は生じなかった。

なお、C A Bは神戸市内で総延長約4kmが供用されていた。地震後は、地上部の道路交通の確保が優先されており、開削によるC A B内部の被災状況の調査は２月末の時点では実施されていないが、地上部に現れた影響として、神戸市内の市道生田前線と国道28号線沿いに敷設したC A Bの周辺地盤が沈下し、C A B上部の地盤が最大10cm程度突出したことが報告されている（写真－3.7.9参照）。

２）神戸共同溝の被害

神戸共同溝の標準横断面図の例を図－3.7.6に示す。土被り厚は2～3m程度である。写真－3.7.10は、電話・電気洞道の目地周辺において、側壁上ハンチ部コンクリートが剥離し、天板に沿った配管が曲がった状況を示したものである。これらは、地震時の軸方向圧縮力により生じたものと考えられる。

なお、共同溝の南側のハーバーランド周辺では、液状化による岸壁の崩壊や建築物の損傷が生じており、共同溝の近くにある駐車場でも写真－3.7.11に示すような噴砂が見られたが、共同溝自体に対する液状化の影響は特に観察されなかった。

（４）地下駐車場の被害

１）概要

神戸市内の公共地下駐車場の被災状況を表－3.7.3に示す。構造本体の被害は比較的軽微で、神戸市土木局によれば、合計約3億円の被災額の大半は設備関係の復旧に費やされる見込みである。

２）三宮駐車場の被害

三宮駅南側の三宮駐車場は、３つのブロックで構成され、計1,084台を収容する。周辺では神戸市役所旧館をはじめとする中層ビルディングの被害が多数生じていたが、駐車場の構造本体の被害は、写真－3.7.12に示すジョイント部分におけるコンクリートの剥離のみであった。

なお、同駐車場の北側に隣接する地下街（通称「サンチカ」）の被害も、下床版にヘアクラックが生じた程度であった。

（５）おわりに

今後は、今回の被害の調査・分析を継続するとともに、各種の地下構造物の耐震性と耐震設計手法について再検討する必要があると考えられる。

なお、現地調査に際しては、神戸市、神戸市高速鉄道（株）、神戸地下街（株）のご協力を頂いた。ここに厚く御礼申し上げる。

表-3.7.1 地下鉄の被災状況
(1)神戸高速鉄道（神戸高速鉄道株式会社による）

被災箇所	主な被災内容
大開駅	軌道階（B 2）の中柱・上床版・側壁上ハンチ部の破壊、地上部の路陥没、階段開口部（B 1～B 2）の梁・側壁上ハンチ部の破壊、出入口部（B 1）の破壊
高速長田駅	軌道階（B 2）の中柱の亀裂・コンクリート剝離・鉄筋変形
大開駅周辺 隧道部	中柱の亀裂・コンクリート剝離・鉄筋変形、側壁の亀裂、施工継目部の亀裂・破損・漏水（微小な亀裂を除く被災延長約2,380m）

(2)神戸市営地下鉄（神戸市交通局による）

被災箇所	主な被災内容
三宮駅	換気機械室（B 1，B 2）・電気室（B 1）の中柱のコンクリート剝離・鉄筋変形
上沢駅	軌道階（B 2）・電気室（B 1）の中柱の破壊・コンクリート剝離・鉄筋変形
新長田駅	軌道階（B 2）・消火ポンプ室（B 1）の中柱のコンクリート剝離・鉄筋変形
上沢駅西側 隧道部	中柱の亀裂・コンクリート剝離・鉄筋変形 （駅部を含む被災延長約500m）
新長田駅東 側隧道部	中柱の亀裂・コンクリート剝離・鉄筋変形 （駅部を含む被災延長約480m）

表-3.7.2 共同溝の被災状況

共同溝名	所在地	完成延長	主な被災内容
神戸共同溝	神戸市中央区 （国道2号）	1,034m	目地の亀裂・コンクリート剝離・鉄筋露出・漏水、天版・壁・マンホール部の亀裂
尼崎共同溝	尼崎市 （国道2号）	6,040m	目地の開き・コンクリート剝離・漏水、天版・側壁・底版の亀裂・漏水、自然換気口側壁の漏水

表-3.7.3 神戸市内の公共地下駐車場の被災状況（神戸市土木局による）

駐車場名	被災額 ¹⁾ (千円)	ジョイント部	出入口部	壁面	はり	その他
三宮第1	15,000	破損	漏水	亀裂		
三宮第2	165,000	破損	路面破損			受変電設備破損・水没、消火設備破損、 照明設備落下
三宮第3	22,000		(連絡通路漏水)			階段タイル・上屋ガラス破損、ダクトキ ャンパス破損
花隈	1,000		階段破損			
神戸駅北	25,000			亀裂	亀裂	空調設備破損
湊川公園	41,000		亀裂	亀裂		スラブ天井剝離、ダクト破損
新長田	26,000		段差	亀裂	亀裂	ダクト及び吊り金具落下、照明設備落下
長田北町	14,000			亀裂	亀裂	天井漏水、自動制御装置・照明設備破損

1) 2月末の時点における被災額

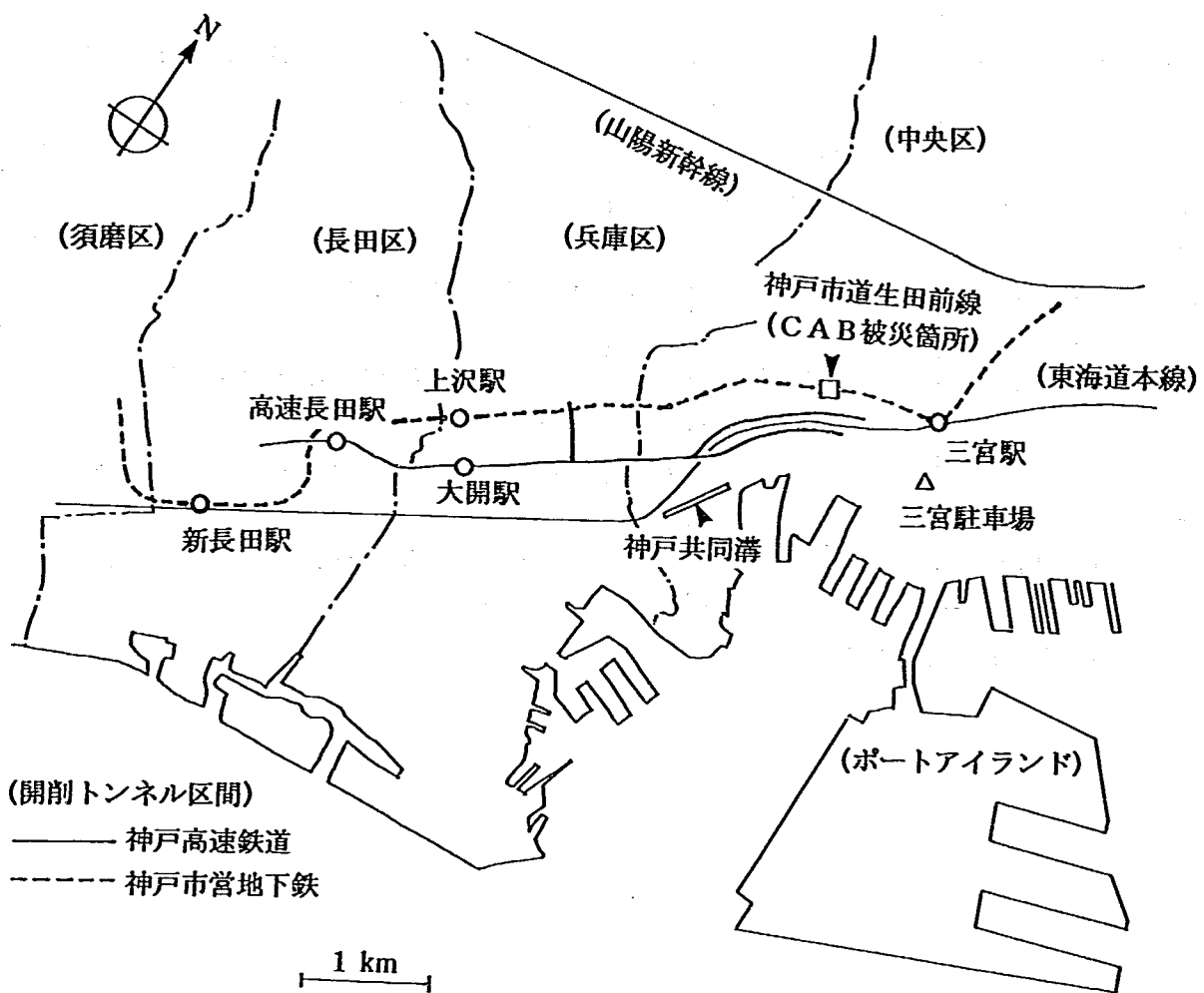


図-3.7.1 主要な被災箇所の位置図

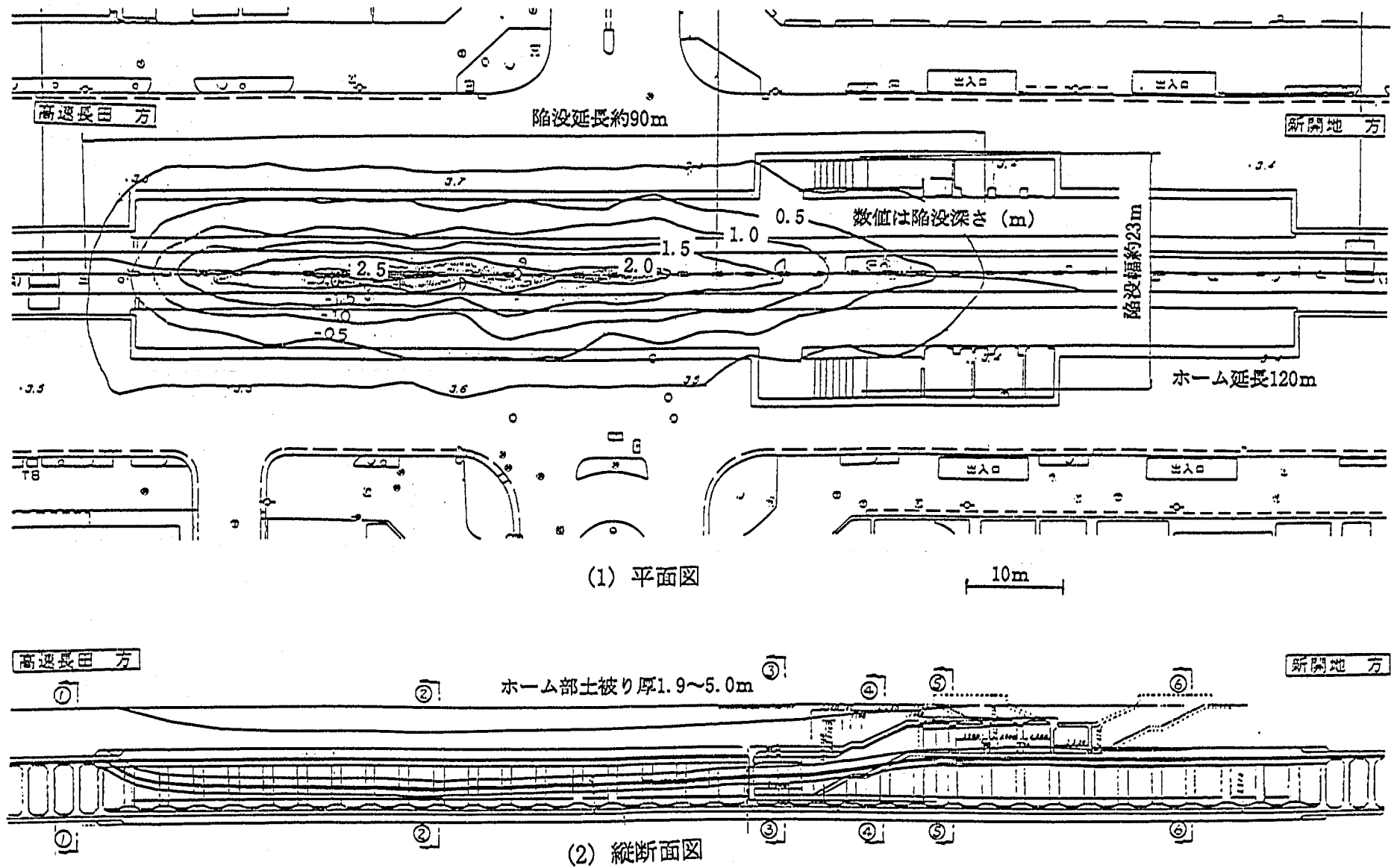
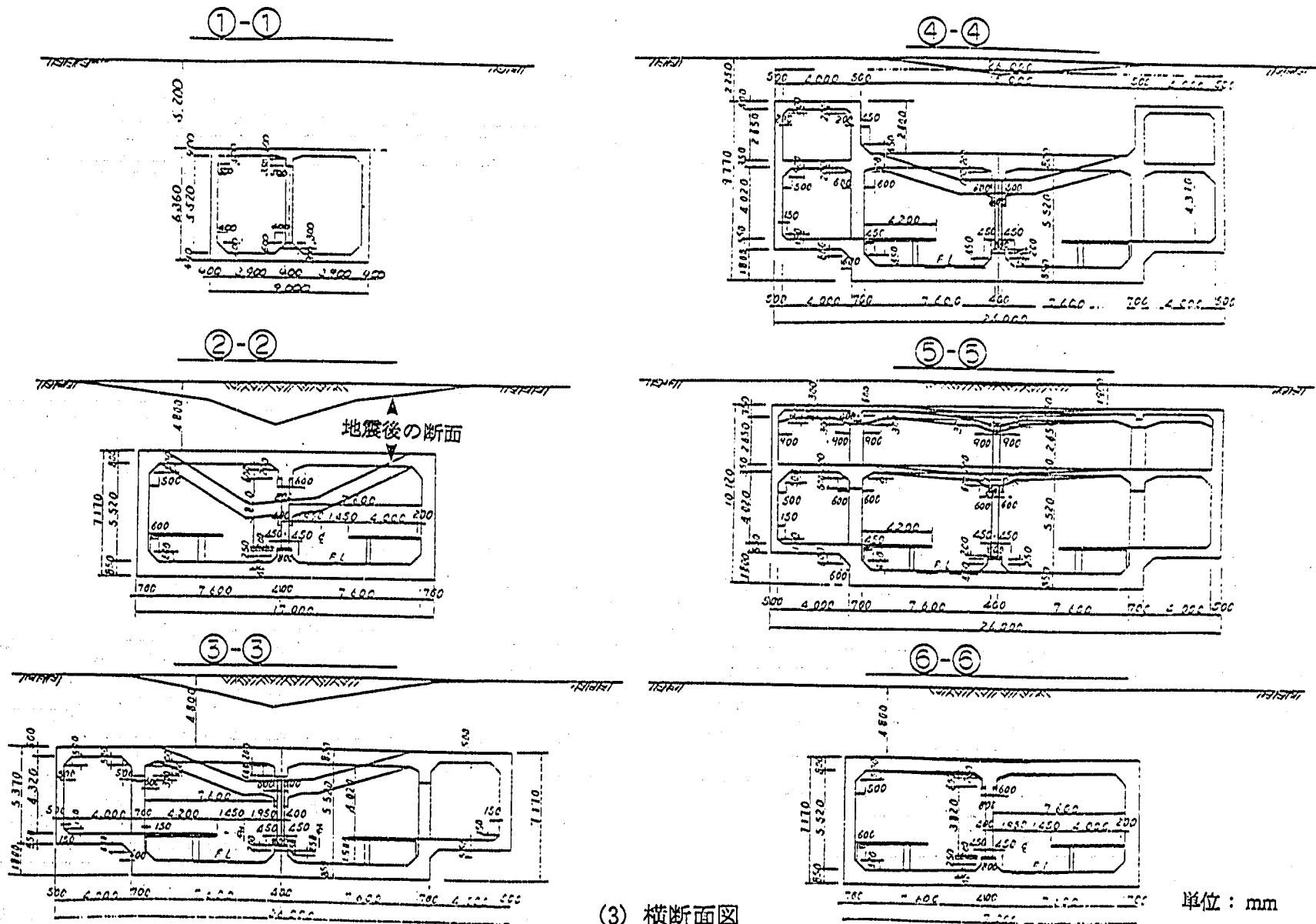


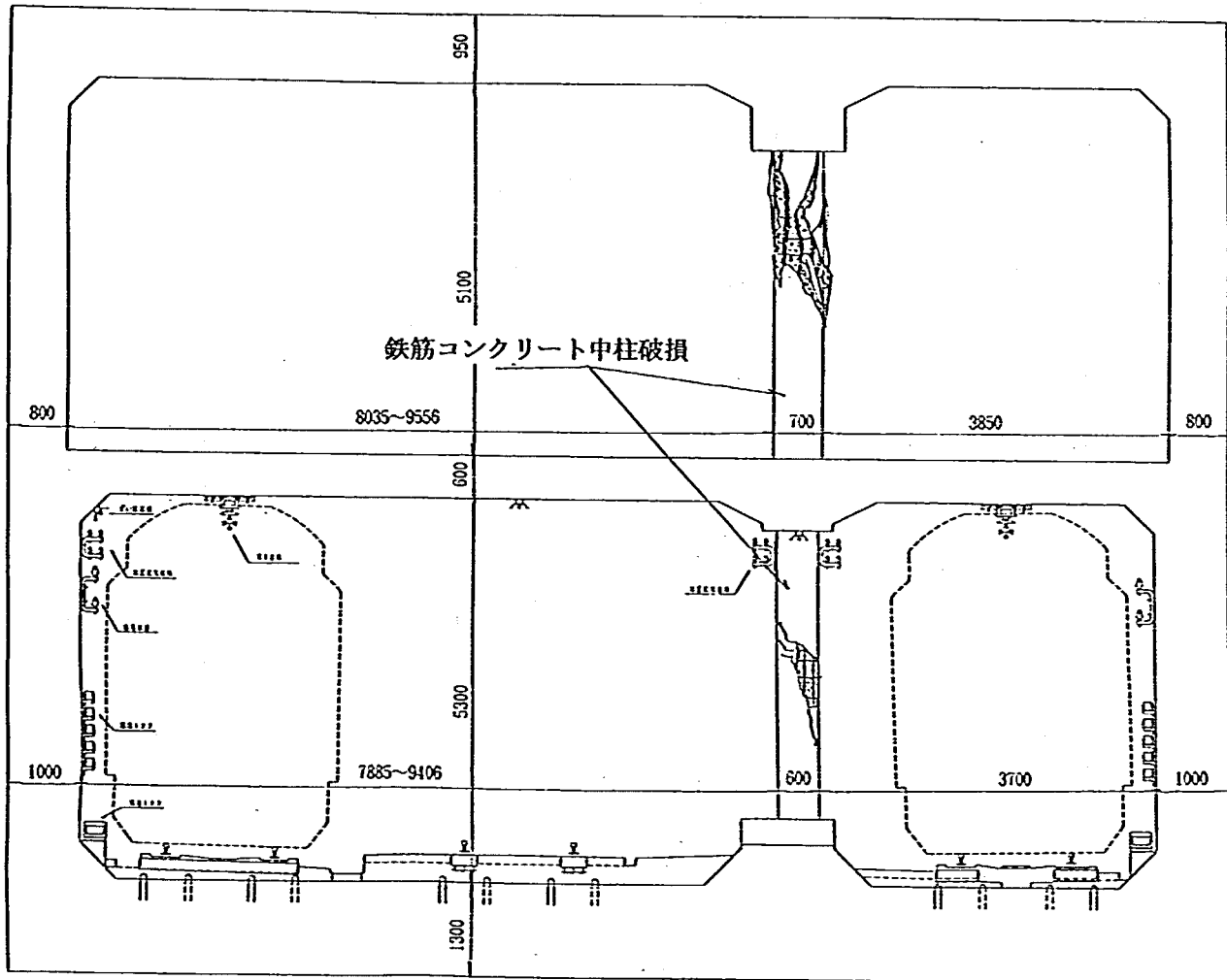
図-3.7.2 神戸高速鉄道大開駅の平面・断面図 (神戸高速鉄道株式会社による)



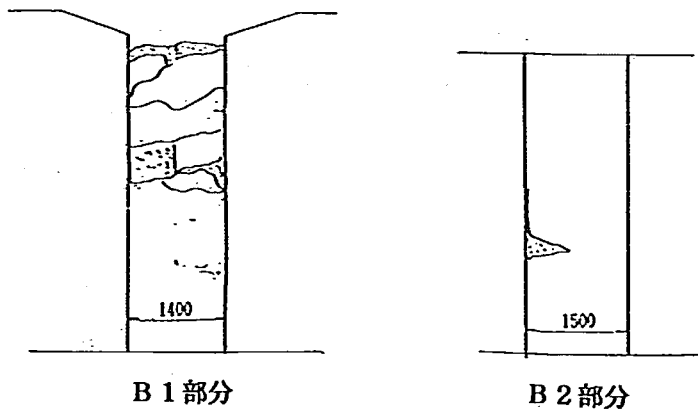
(3) 横断面図

図-3.7.2 神戸高速鉄道大開駅の平面・断面図 (神戸高速鉄道株式会社による)

土被り厚約5m

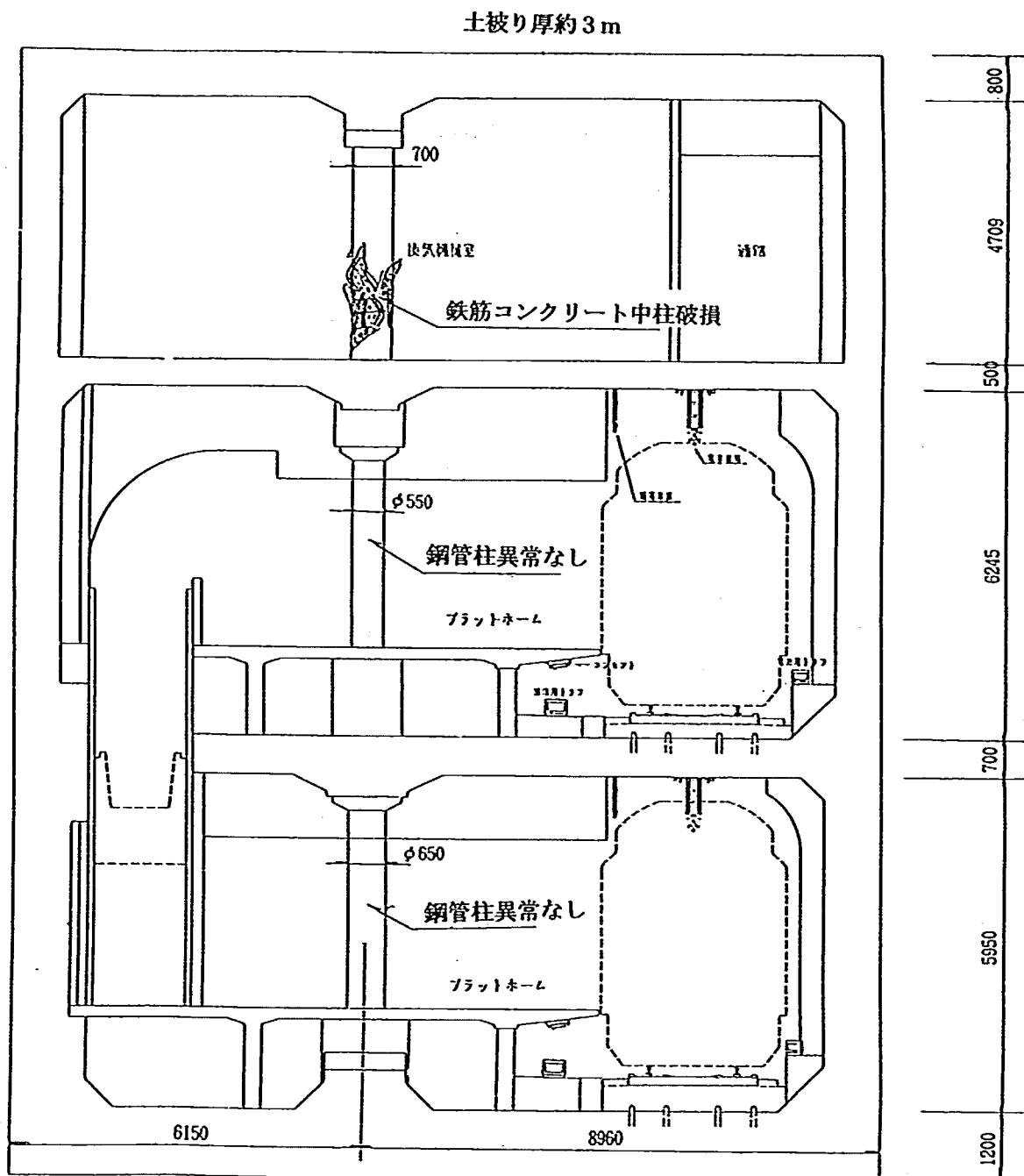


単位：mm



(破損した中柱の縦断方向の状況)

図-3.7.3 神戸市営地下鉄上沢駅の被災箇所の横断面図 (神戸市交通局による)



単位：mm

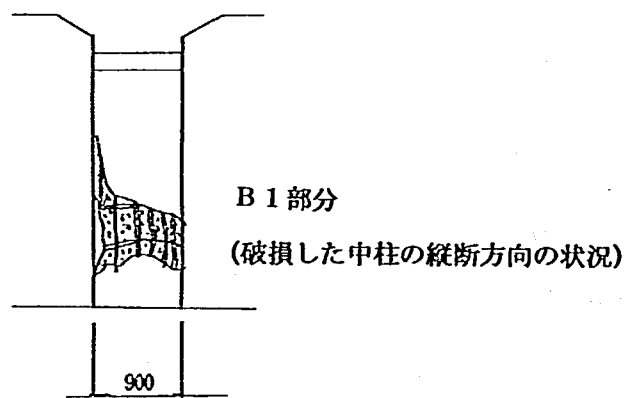
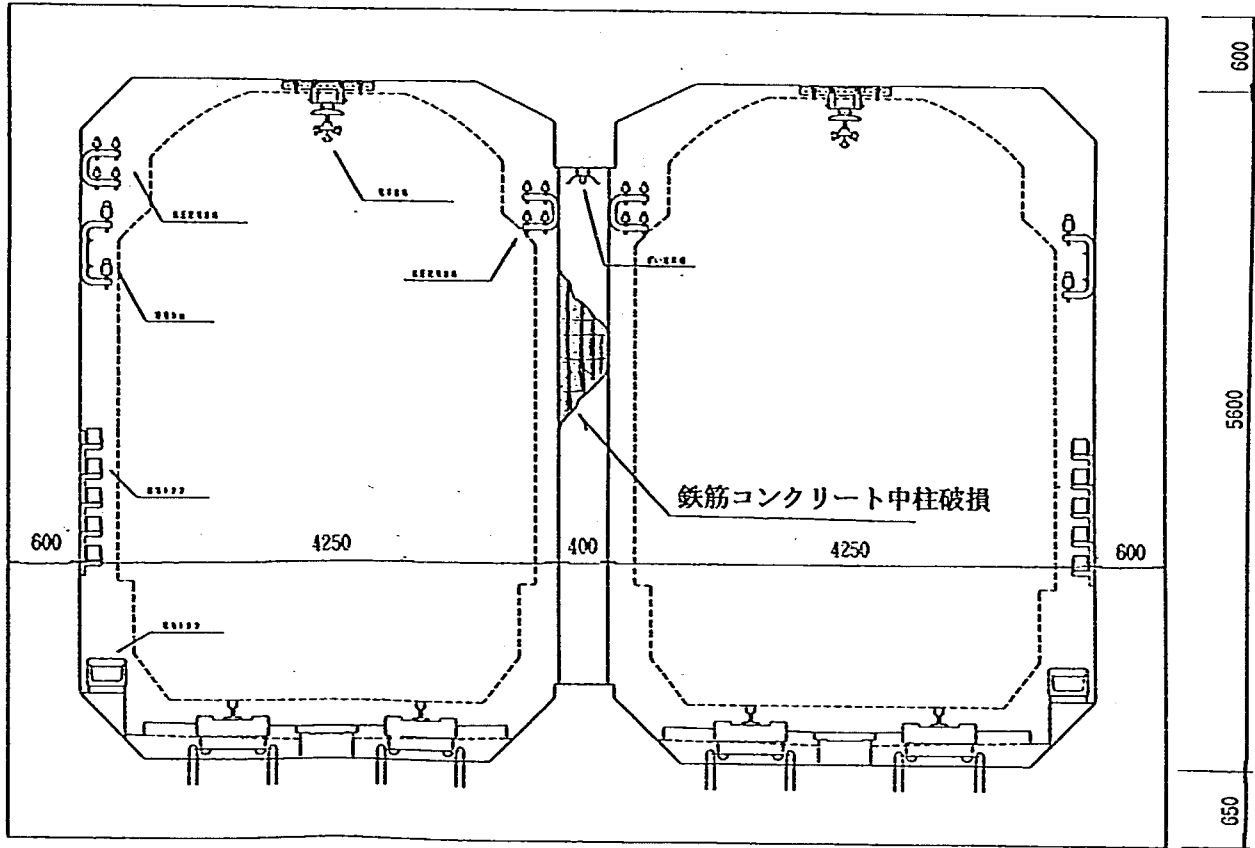
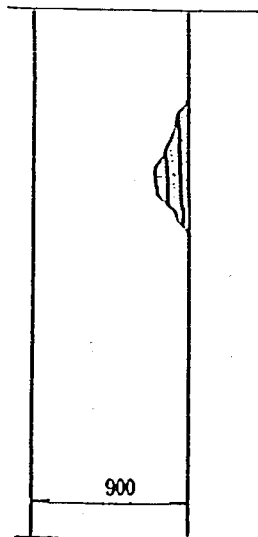


図-3.7.4 神戸市営地下鉄三宮駅の被災箇所の横断面図
(神戸市交通局による)

土被り厚約7m

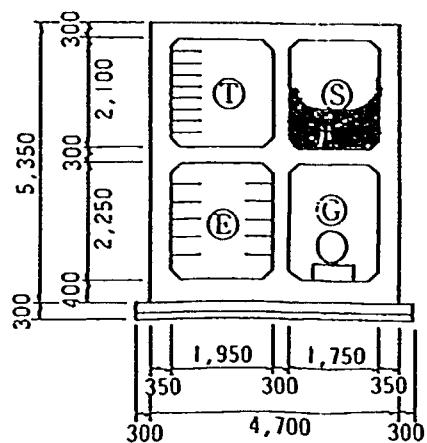


単位：mm

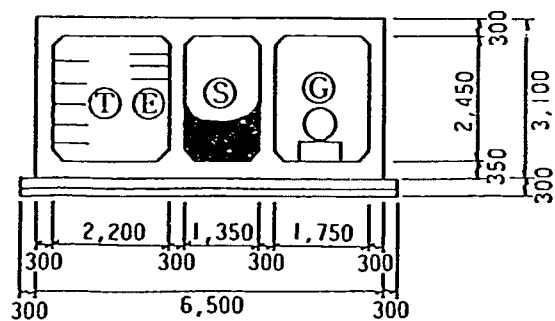


(破損した中柱の縦断方向の状況)

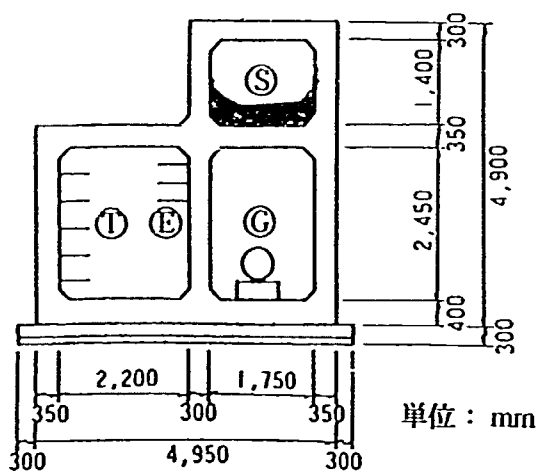
図-3.7.5 神戸市営地下鉄新長田駅東側隧道部の被災箇所の横断面図
(神戸市交通局による)



(標準Ⅱ型、延長405m)



(標準Ⅲ型、延長70m)



(標準Ⅳ型、延長230m)

①	電話
②	電気
③	ガス
④	下水

単位：mm

図-3.7.6 神戸共同溝の標準横断面図

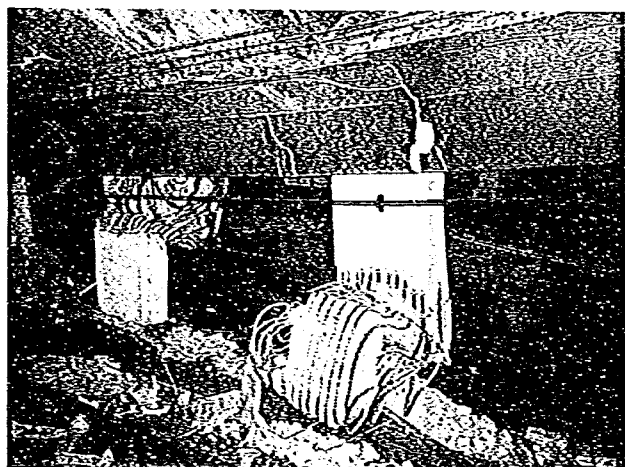


写真-3.7.1 神戸高速鉄道大開駅の軌道階(B2)の被災状況

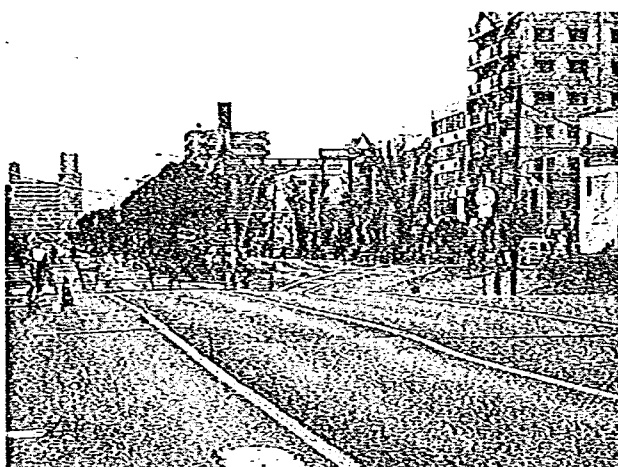


写真-3.7.2 神戸高速鉄道大開駅上部の路面の陥没



写真-3.7.3 神戸高速鉄道大開駅西側隧道部の中柱の破損

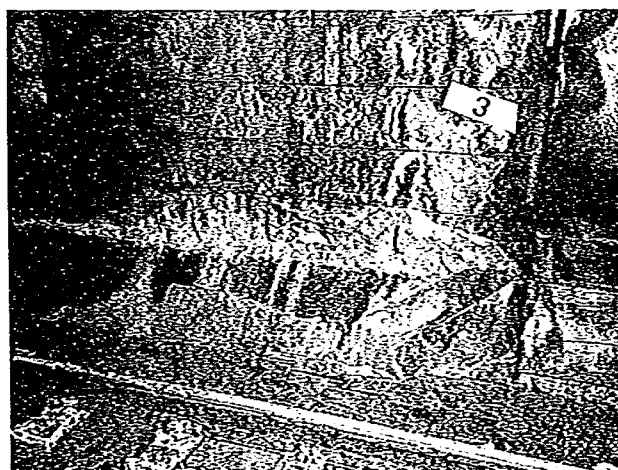


写真-3.7.4 神戸高速鉄道大開駅西側隧道部の側壁下ハンチ部の破損

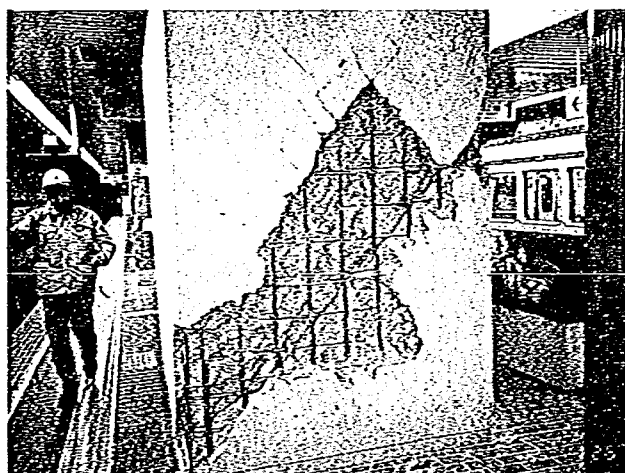


写真-3.7.5 神戸高速鉄道高速長田駅の軌道階(B2)の中柱の破損



写真-3.7.6 神戸市営地下鉄新長田駅の軌道階(B2)の中柱の破損

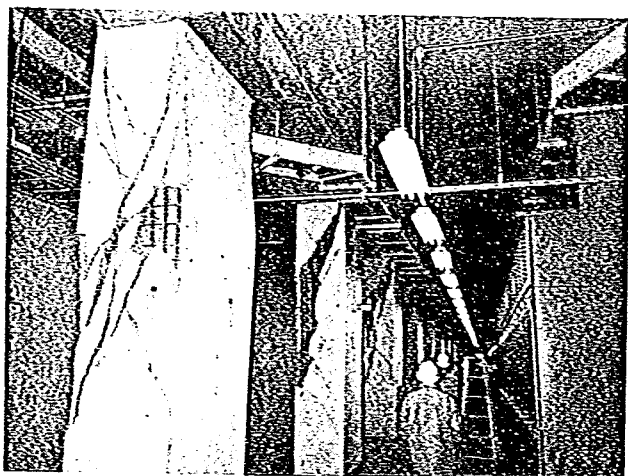


写真-3.7.7 神戸市営地下鉄上沢駅の電気室(B1)
の中柱の破損

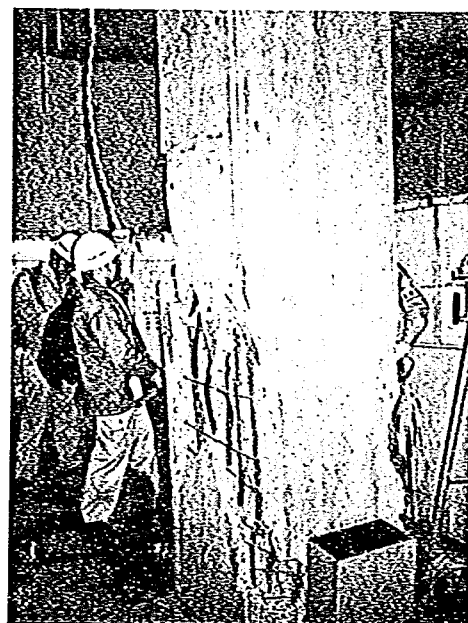


写真-3.7.8 神戸市営地下鉄三宮駅の機械室(B1)の中柱の破損



写真-3.7.9 神戸市道生田前線のC A B
周辺地盤の沈下

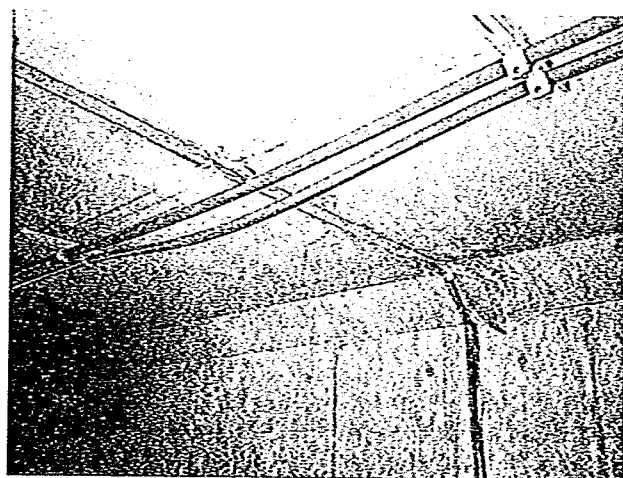


写真-3.7.10 神戸共同溝の目地周辺の
破損

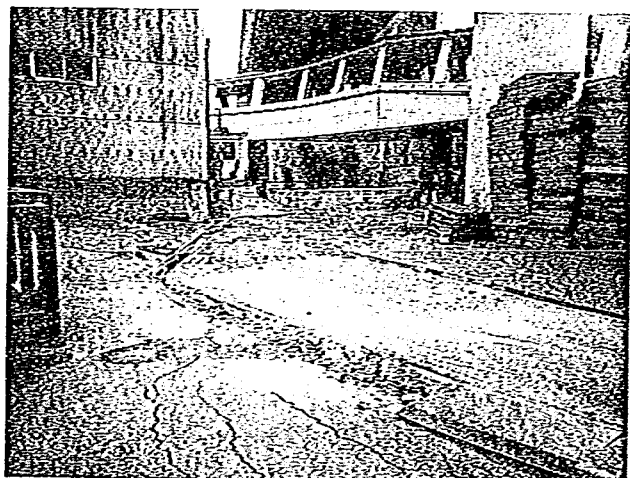


写真-3.7.11 神戸共同溝周辺の駐車場に
おける噴砂

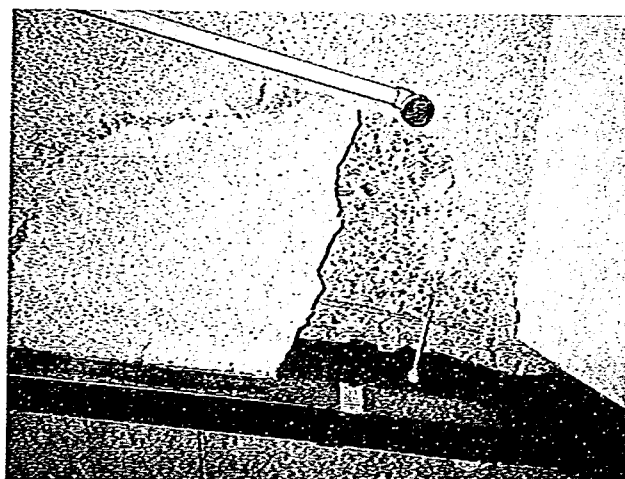


写真-3.7.12 三宮駐車場のジョイント部分に
おけるコンクリートの剥離

あ と が き

今回の兵庫県南部地震による被害は、死者5,438名、行方不明3名、負傷者34,698名、全壊建物97,397棟、半壊建物82,746棟に達し（平成7年3月1日現在、各府県警・消防庁等調べ）、各種産業に関連する施設被害の総額は10兆円に達するものと推計されています。近畿地方で発生した大地震としては1948年福井地震（M7.3）以来であり、社会資本の集積する大都市を襲った直下型地震としては世界で初めての経験となりました。

土木研究所ではこの大震災を深刻に受け止めるとともに、一刻も早い震災復旧に緊急に必要とされる技術的な問題点を把握するため、発災直後の1月17日から現在にかけて緊急調査団を派遣して参りました。被災規模が甚大であることから被災原因の詳細な究明にはいまだ多くの時間が必要ですが、現状で把握できる限りの被害の実態を速報としてとりまとめました。各方面で進められている被災調査や復旧対策の検討に際して、本報告書が少しでもお役に立てば幸いです。

各種公共土木施設の復旧対策については、建設本省が所掌する専門委員会を通じて検討が進められています。土木研究所からも委員会のメンバーとして専門家が参画し、速やかな復興を遂げるための方策、及び、今回のような惨事を二度と繰り返さないための耐震化対策について全力を挙げた取り組みがなされています。地震動特性や道路橋の被害については本報告書に掲載しておりませんが、専門委員会における詳細調査を反映して、できる限り早急に公表したいと考えております。

最後に、今回の地震で亡くなった方々に対して心から御悔やみ申し上げるとともに、被災された方方に心から御見舞い申し上げます次第です。

平成 7 年 3 月

土木研究所被害調査団長

土木研究所研究調整官 中 岡 智 信

平成7年兵庫県南部地震土木
研究所被害調査速報

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3362号
平成6年3月(1994)

要 旨

企 画 部 企 画 課

本報告書は、平成7年兵庫県南部地震による公共土木施設の被害状況について、
土木研究所被害調査団の調査結果を速報的にとりまとめたものである。

キーワード：平成7年兵庫県南部地震、地震被害、公共土木施設、道路施設、
河川施設、ダム施設、砂防施設、下水道施設、地下構造物



郵便はがき

五十円切手
をはって下
さい

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

企画部企画課
行

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 3362 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印