

5. 神戸市東灘区の被害状況

A. 東部地区

5. 1 概 要

当地区の調査範囲は図-5.1.1に示すとおりであり、神戸市域の中でも人的・物的被害が大きかったところである。

各種建造物の被害の分布状況を概観すると、つぎのような傾向が読みとれる。

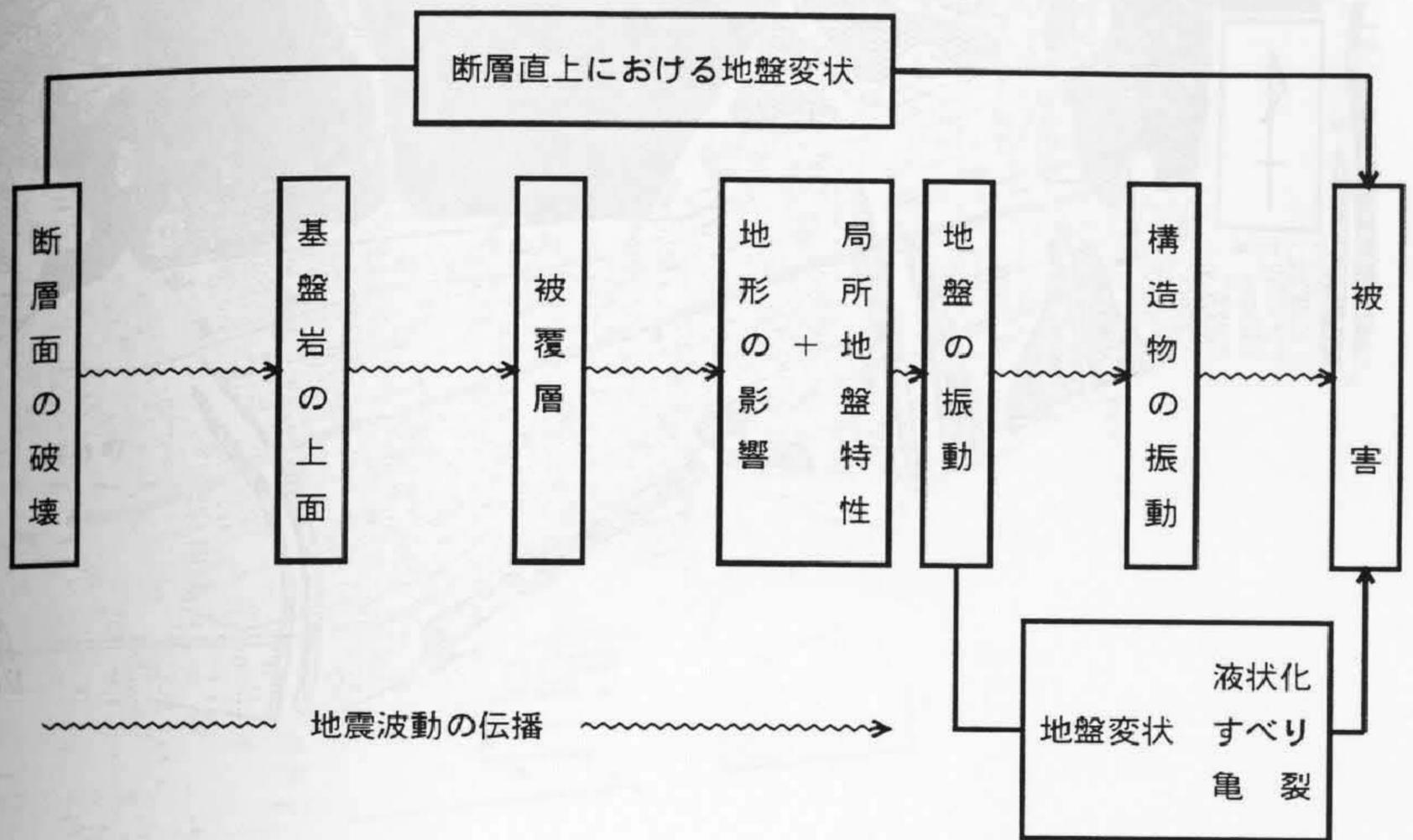
- ①被害が著しい地域は、JR東海道本線と国道43号線に挟まれた約1kmの幅をもち、東西方向に帯状に分布する。
- ②被害が著しい地域は、さらに北東-南西の方向性を有する帯状に分布するように思われる。
- ③山麓斜面地域において、数10m程度の狭い幅に限定された帯状に明瞭な方向性を有する被害分布を示す地域が認められる。
- ④道路、自然あるいは人工地盤上などに認められる亀裂分布の方向性を特定することは、現段階では困難であると考えられる。
- ⑤物や道路の被害状況に比較して、河川に係る建造物の被害は軽度であると考えられる。
- ⑥港湾地域における護岸は、深江南町4丁目地区を除いて著しい被害を受けており、ほとんどが使用不能の状態となっている。
- ⑦自然斜面および宅地盛土の被害については、現段階において地盤の正確な性状が不明な場合が多く、被害の要因に関する詳細な検討は困難である。
- ⑧地盤の液状化によるものと思われる噴砂現象は、埋立地の東部第4工区全域で顕著であり、陸域では国道43号線以南にほぼ限定されて分布する。

以上にまとめたように、本被害状況調査により、各種建造物の被害の分布状況は大局的に見れば「震災の帯」という言葉に代表されるように、東西方向の帯状構造が明らかに認められ、さらに細かく見ればいくつかの特徴的な方向性も認められた。これら被害分布の特徴の原因として、とくに直下型地震による建造物被害に関するものを模式的に図示すると図-5.1.2のようになると考えられる。このうち被害分布に密接に関連するものとして地盤特性が挙げられるが、これは現段階でもっとも我々の持っている情報が不足している分野でもある。

したがって、これら複雑に関連している各種要因のひとつひとつを解明することはもちろん必要であるが、我々の今後における検討課題として、神戸地域の地盤特性を明確に把握することがまず挙げられる。



図-5.1.1 調査範囲図



位置関係 地震断層の性状 形状・長さ 幅・ズレの量 方向性など 震源過程 岩盤の破壊様式	基盤岩形状	堆積層の構造 堆積物の物性	地盤形状 地盤種類 地盤物性	地震観測	建造物の種類 構造 材質
	大規模な地質構造	中規模な地質構造	小規模な地盤特性		建造物の振動性状 強度 材質 応力履歴
	3次元効果				
要 因					

図-5.1.2 直下型地震における被害の要因

また地盤特性を把握する上で、もっとも有力な情報は、ボーリング調査による直接的な地盤情報であることは明らかである一方、地形・地質情報などの広域的な情報も重要な情報源のひとつであると考えられる。

参考のため、現在入手される地質図、地形図などを以下に示す。



図-5.1.3 地質図(地質調査所発行,「大阪西北部」より引用)

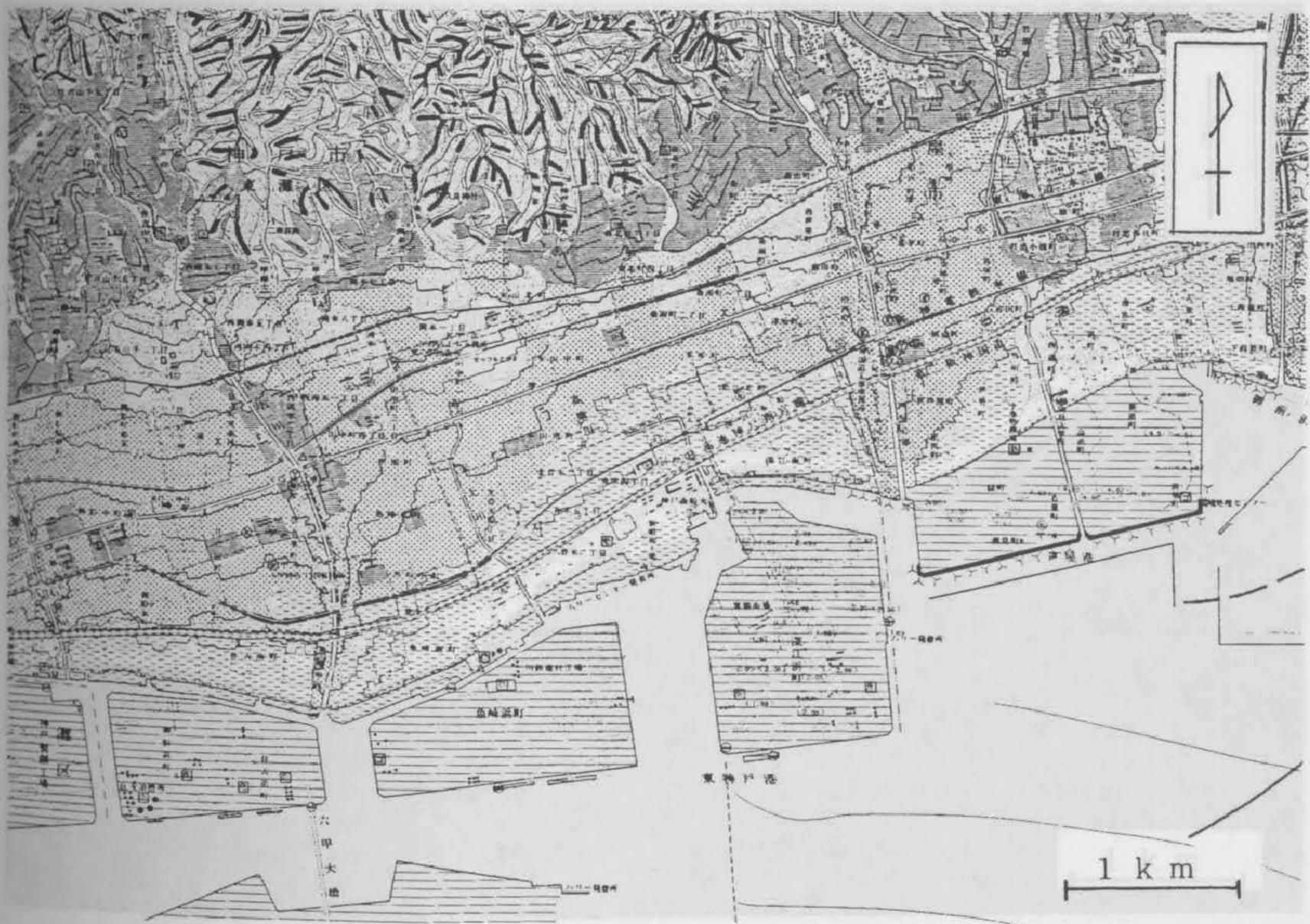


図-5.1.4 土地条件図(国土地理院発行,「大阪西北部」より引用)



図-5.1.5 古地形図(参謀本部作成, 仮製2万分の1地形図「神戸」他より引用)



図-5.1.6 空中写真(国土地理院発行, 昭和22年米軍撮影)より引用)

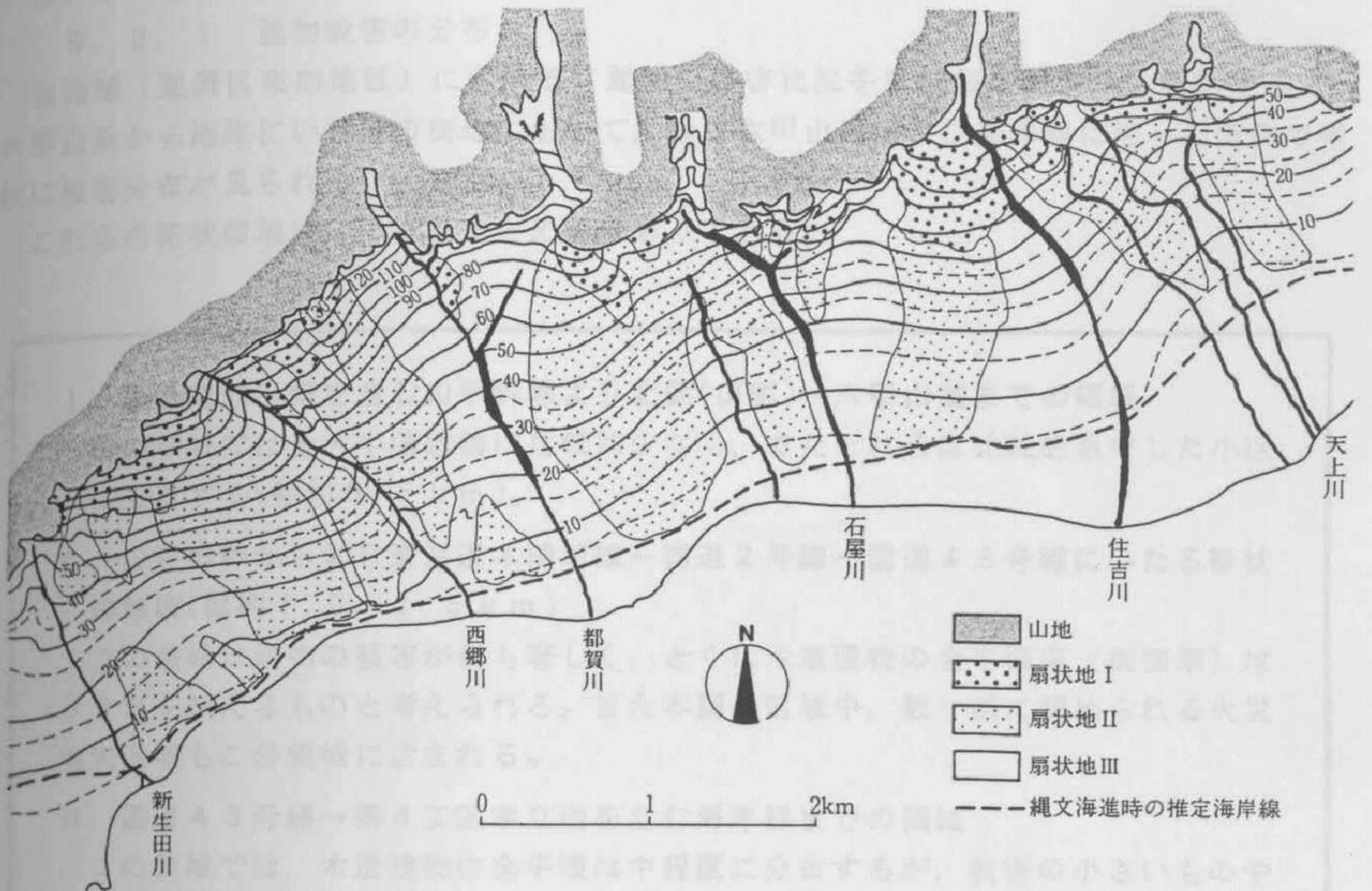


図-5.1.7 六甲南麓の扇状地区分(田中真吾編著, 六甲山の地理より引用)

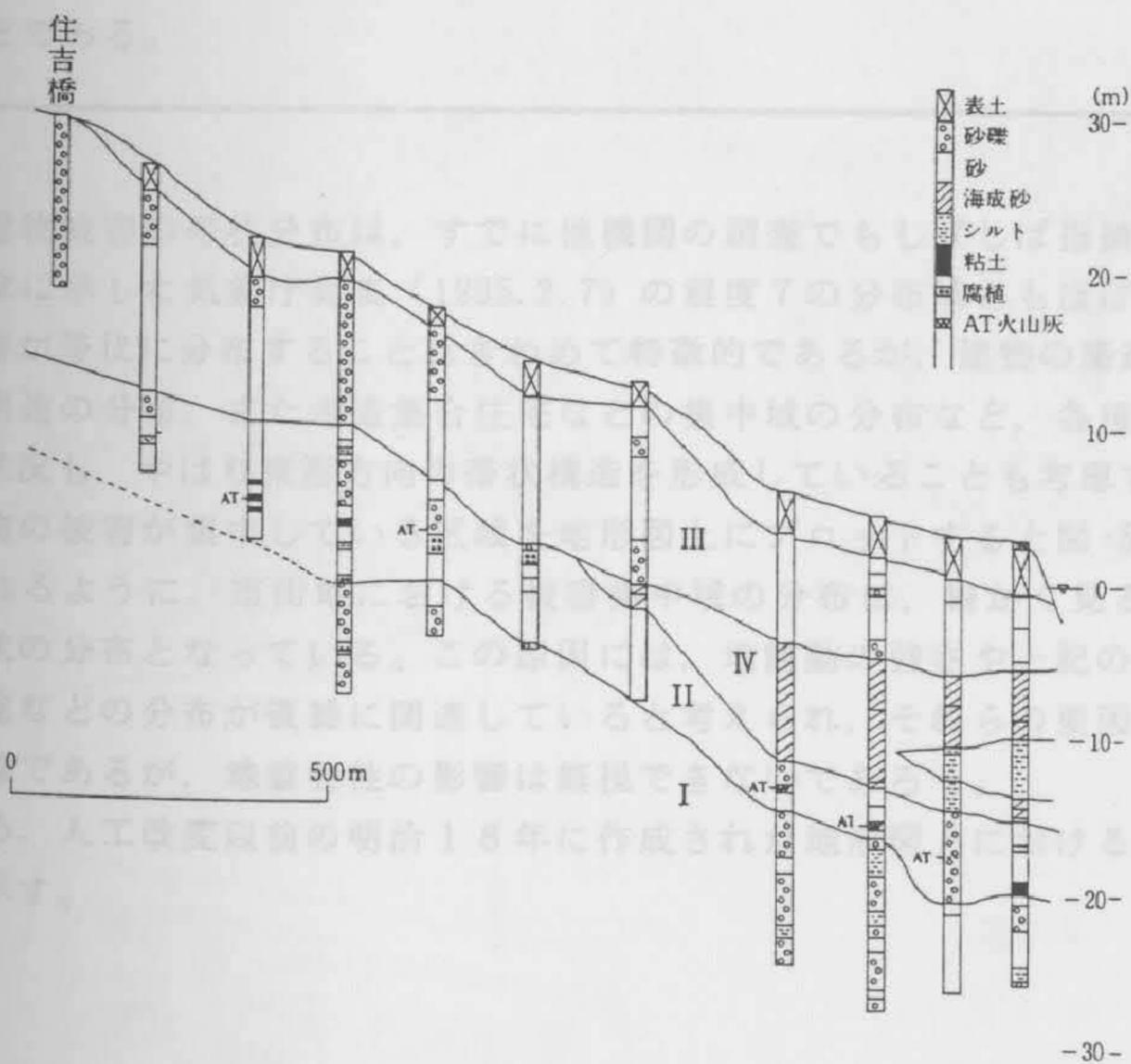


図-5.1.8 住吉川沿いの推定地質断面図(田中真吾編著, 六甲山の地理より引用)

5. 2 建物の被害状況

5. 2. 1 建物被害の分布

当地域（東灘区東部地区）における、建物の被害状況を広域的な観点から概括すると、六甲山系から海岸にいたる市街地において、ほぼ六甲山系および海岸線に沿った方向で帯状に被害分布が見られる。

これらの帯状領域は、つぎにまとめるとおりである。

I. 阪急電鉄沿線を含む山手幹線より北側(山側)～六甲山麓までの領域

この領域では全・半壊建物は比較的少なく、またそれらは比較的集中した小区域に分布する(幅約0.5 km)。

II. 山手幹線からJR東海道本線沿線～国道2号線～国道43号線にいたる帯状の領域(幅約1.0～1.5 km)

この領域は建物の被害が最も著しく、とくに木造建物の全半壊率(倒壊率)は50%を超えるものと考えられる。また本調査区域中、数ヶ所に認められる火災焼失区域もこの領域に含まれる。

III. 国道43号線～第4工区埋立地を含む海岸線までの領域

この領域では、木造建物の全半壊は中程度に分布するが、被害の小さいものや無被害のものも多く、上記の領域IIに比較して、被害程度は小さいものと考えられる。また、第4工区内の建物(おもにRC造、S造)は、外観上無被害のものがほとんどである。

上記した建物被害の帯状分布は、すでに他機関の調査でもしばしば指摘されており、本報告書の1章に示した気象庁発表(1995.2.7)の震度7の分布域ともほぼ一致する。このように、被害が帯状に分布することはきわめて特徴的であるが、建物の築造年代の分布や、建築構造、用途の分布、また木造集合住宅などの集中域の分布など、各種構造物における特性の分布状況も、やはり東西方向の帯状構造を形成していることも考慮する必要がある。

一方、建物の被害が集中している区域を地形図上にプロットすると図-5.2.1のようになる。図示されるように、市街地における被害集中域の分布は、細かく見ると複雑であり、島状や半島状の分布となっている。この原因には、地震動の強さや上記の建物の築造年代・構造・用途などの分布が複雑に関連していると考えられ、それらの要因を一概に特定することは困難であるが、地盤特性の影響は無視できないであろう。

参考のため、人工改変以前の明治18年に作成された地形図上における被害の集中域を図-5.2.2に示す。



図-5.2.1 被害の集中域の分布



図-5.2.2 旧地形と被害の集中域の分布

5. 2. 2 建物被害と構造

当地域における建物被害は、ほとんどすべての構造におよんでおり、被害の激しさを物語っている。中でも木造の在来工法による建物の被害は大きい。これに比べてプレハブやツーバイフォー工法などによる建物の被害は比較的小さい。また、2階建て店舗併用住宅では、1階部分の破壊による被害が目立った。さらに、木造集合住宅は、一般的に築造年代が古いこともあって被害が激しかった。

RC造の建物被害は、木造建物のように完全に破壊にはいたらないものが多いが、とくに1階部分がピロティーや駐車場、店舗であって、壁率の小さいものに、この部分の圧壊や大破などの大被害が目立った。中央区に顕著に見られる中層階の崩壊は、ほとんど見られないことも特徴的である。

S造の建物は、当地域では小規模な軽量S造が多く、部分的に顕著な被害が見られたが、かなりの割合で設計・施工・保守のいずれかに欠陥があったと考えられる。

① 森北町7丁目～森北町8丁目にいたる北東～南西方向の帯状領域 (L=800m、W=50m)

全棟1戸・半棟1.5戸・一部複層する戸が狭い帯状領域に分布する。この領域には道路線などの特徴を帯びている(写真-5.2.2)。この分布域は、後述する甲南女子大学付近の地すべり域に近い。また、地質的には戸田衝積の延長帯に相当する可能性がある。被害の程度はそれほど激しくないが、分布がほぼ直線状で狭い領域に集中しているため、地すべりあるいは断層帯の破壊域などの地盤条件の影響が考えられる。

② 森北町1丁目～3丁目(阪急電鉄～山手線沿)

半棟・一部複層が主であり、全棟家屋はなく、分布もまばらである。

③ 本山北町3丁目

本山第1小学校周辺の築造年代の古い木造住宅に集中的に被害が見られる。また、阪急電鉄をはさんだ南側にも被害の集中域がある。

④ 日本7丁目

自天上川に沿って、全棟・半棟の住宅が集中している。この領域は、ほぼ西北西～東南東方向の帯状領域(L=200m以上、W=100m)となっており、西北西方向の延長上には甲南大学の校舎建群がある(写真-5.2.3)。

また、上記したるの本山北町の被害域は、東南東方向の延長線上にある。

本報告書の2章に示された地質図には、六甲山麓のこの領域に沿って断層帯が記載されている。

以上に挙げた地域のほかにも被害建物は散在するが、概ね築造年代の古い木造建物である。また阪急電鉄より南側で、山手線沿いには若干の木造集合住宅や、小規模店舗があるが、上記④の領域を除いてとくに目立った被害の集中域は認められない。

5. 2. 3 領域別の被害

5. 2. 1 に記した各領域別の被害状況，ならびにその分布を以下に記す。

(1) 領域 I (六甲山麓～山手幹線)

この領域では，比較的敷地面積の大きい一戸建て住宅が最も多く分布する。また，築造年代も比較的新しいものが多い。これらの住宅のほかに，RC造の集合住宅や学校建築物なども分布する。この領域全体の被害は，他の領域に比較するとやや軽微である。

RC造の集合住宅や学校建築物などでは，少なくとも外観上は，森北町3丁目の集合住宅(写真-5.2.1)などの少数を除いて，顕著な被害は認められない。

全般的に，比較的軽微な木造住宅のうち，全・半壊や一部損壊建物をプロットすると特徴のある分布が数カ所見られる。

これらの傾向をまとめると以下のようである。

① 森北町7丁目～森北町6丁目にある北東－南西方向の帯状領域 ($L=600\text{m}$, $W=50\text{m}$)

全壊1戸・半壊15戸・一部損壊25戸が狭い帯状領域に分布する。この領域には道路擁壁などの損傷を伴っている(写真-5.2.2)。この分布域は，後述する甲南女子大学付近の地すべり域に近い。また，地質的には芦屋断層の延長部に相当する可能性がある。被害の程度はそれほど激しくないが，分布がほぼ直線状で狭い領域に集中しているため，地すべりあるいは断層起源の破碎域などの地盤条件の影響が考えられる。

② 森北町1丁目～3丁目(阪急電鉄～山手幹線)

半壊・一部損壊が主であり，全壊家屋はなく，分布もまばらである。

③ 本山北町3丁目

本山第1小学校周辺の建築年代の古い木造住宅に集中的に被害が見られる。

また，阪急電鉄をはさんだ南側にも被害の集中域がある。

④ 岡本7丁目

西天上川に沿って，全壊・半壊の住宅が集中している。この領域は，ほぼ西北西－東南東方向の帯状領域($L=300\text{m}$ 以上, $W=100\text{m}$)となっており，西北西方向の延長上には甲南大学の被害建物群がある(写真-5.2.3)。

また，上記した③の本山北町の被害域は，東南東方向の延長線上にある。

本報告書の2章に示された地質図には，六甲山麓のこの領域に沿って推定断層線が記載されている。

以上に挙げた地域のほかにも被害建物は散在するが，例外なく建築年代の古い木造建物である。また阪急電鉄より南側で，山手幹線沿いには若干の木造集合住宅や，小規模店舗があるが，上記③の領域を除いてとくに目立った被害の集中域は認められない。

(2) 領域Ⅱ(山手幹線～国道43号線)

この領域には、在来・プレハブ・ツーバイフォーなどの諸工法による木造一戸建てや、いわゆる文化住宅・アパートなどの木造集合住宅、さらにRC造集合住宅、RC・S造工場、木造・RC造・S造の店舗、RC造の学校、および公共建築物など多種多用途の建築物が混在している。

全般的に建物の被害は大きく、木造建物のみならずRC造・S造の建物にも大きい被害が見られる。また、人命の損失も神戸市域中もっとも多い。

とくに被害の顕著な区域を記すと、次のとおりである。

① 森南町1丁目、本庄町1・2丁目

北東-南西方向を主軸とした楕円形(L=600m, W=400m)の区域である。

この区域の木造建物の倒壊率は100%に近い。また、この区域のRC造の建物にも多くの被害が見られる(写真-5.2.4)。

この区域は、東側に市境で接する芦屋市西部の激甚被害区域に連続するものと思われる。

② 森南町2・3丁目、本山中町1丁目～4丁目、田中町1・2丁目

JR東海道本線と国道2号線に挟まれた幅300～500m、延長1km以上の区域であり、木造建物の倒壊率は100%に近い。また、RC造の集合住宅や私立病院なども全半壊しているものが多く見られる(写真-5.2.5)。RC造の集合住宅では、JR摂津本山駅南側の数棟に見られるように、1階部分を駐車場や店舗にしている例が多く、被害はこの部分に集中的に見られる。本山中町2丁目では11棟が火災で焼失しているが、ほかに数カ所の火災焼失区域がある。また、この区域に多数見られる木造集合住宅は、ほぼ例外なく全壊ないし半壊に近い被害を受けている。さらに、小規模な店舗が密集している商店街なども大きな被害を受けている。これらの連棟式の小規模建築物は、全体的に崩壊したり、大傾斜したりしている例も多い。

③ 青木6丁目

阪神電鉄青木駅南側のこの区域では約30棟が全焼しており(写真-5.2.6)、東灘区で最大の火災焼失区域となっている。

以上は、山手幹線から国道43号線にいたる領域のうちでも、とくに被害が大きい区域であるが、他の街区でも被害は著しく、とくに在来工法による木造建物は半数以上が倒壊ないしは、それに近い被害を受けている。

また、比較的耐震性が高いと考えられてきたRC造の集合住宅等でも、とくに1階部分が駐車場や店舗等で壁率が小さいものに圧壊が生じた例が多く見られた(写真-5.2.7)。

これに反して本山南町1丁目に代表される、公共集合住宅地域の被害は比較的軽度である。これは、同じRC造構造であっても、1階部分の用途が異なっており、それが見かけ

上の被害の違いに反映していると考えられる。しかし、これら外観上の被害が比較的軽い建物であっても、基礎や柱などの主構造などにX字形の亀裂が生じているケースも多く、今後の問題として考慮すべきであろう。

深江北町4丁目に代表される工場地域の被害も比較的軽度であった。建物としてはS造で軽量スレート屋根のものが多く、建物全体が相対的に軽量であったためと考えられる。また、基礎は工場という性質上、比較的しっかりしたものが多かったと推定される。

(3) 領域Ⅲ(国道43号線～海岸)

この領域は、深江大橋から芦屋川の区域および青木2丁目が住宅区域であり、ほかには港湾施設と工場からなっている。

建築物の被害は、住宅区域のうち深江南町4丁目と青木2丁目に集中している。全半壊建物の多くは建築年代の古い木造住宅である(写真-5.2.8)。

芦屋川河口右岸から、深江南町1・2丁目にかけての区域では、被害は比較的軽く古い木造集合住宅でも無被害のものも多い。

東部第4工区内の工場や倉庫群でも被害は軽い。

RC造建物の被害は、芦屋市平田町や深江南町3丁目の集合住宅や魚崎中学校など数箇所で見られたが、被害率は領域Ⅱに比較して圧倒的に小さい。

(4) 被害分布の方向性

以上に建物の被害状況について、おもに東西の帯状領域の観点から記載したが、その他の特徴を、主として被害分布の方向性の観点から整理すると次のようになる。

- ① 森北町7丁目～6丁目
北東～南西(L=600m, W=50m)
- ② 岡本7丁目
北西～東南東(L=300m以上, W=100m)
- ③ 森南町1丁目および本庄町1・2丁目
北東～南西(L=600m, W=400m)
- ④ 平田北町～深江南町3・4丁目境界の南端
北東～南西(この線より東南側では被害が軽い)



写真-5.2.1(図-5.2.1の①)
神戸市東灘区森北町3丁目
RC造建物の被害状況



写真-5.2.2(図-5.2.1の②)
神戸市東灘区森北町7丁目
駐車場路盤の被害



写真-5.2.3(図-5.2.1の③)
神戸市東灘区岡本7丁目
木造および灯籠の倒壊状況



写真-5.2.4(図-5.2.1の④)
神戸市東灘区森南町1丁目
RC造建物の被害状況



写真-5.2.5(図-5.2.1の⑤)
神戸市東灘区本山中町4丁目
RC造建物の被害状況



写真-5.2.6(図-5.2.1の⑥)
阪神電鉄青木駅南部
火災焼失区域

写真-5.2.7(図-5.2.1の㉑)



写真-5.2.7(図-5.2.1の㉑)
JR 榎津本山駅南側
RC造建物の1F圧壊状況



写真-5.2.8(図-5.2.1の㉒)
神戸市東灘区深江南町1丁目
木造建物の被害状況

5. 3 道路，鉄道，港湾の被害状況

建物以外のおもな被害状況をまとめて示すと図-5.3.1のようである。

以下に，各種構造別に被害状況の特徴についてまとめる。

5. 3. 1 道路の被害状況

東灘区東部地区における道路の被害状況のうち，顕著なものを列記すると，①阪神高速3号線（神戸線）の倒壊を含む大被害，②東部第4工区連絡橋の深江大橋の被害，③その他一般道路に見られる多数の亀裂・段差などである。このうち，①と②は橋梁の被害であり，この結果，高速3号線では道路機能の喪失をもたらした。これに比較して③の被害は交通機能の喪失をもたらすほどではなかったが，市街地道路の一部では，周辺家屋の倒壊などの，他の要因によって機能を失った区間も数多く見られた。

当地区では，道路面に無数の亀裂が認められている。しかし，当地域は地盤の表層部がほとんど全域において人工改変されている地域であり，道路面に認められる亀裂の多くが，地盤最表層部の地盤性状に左右されて生じているものと考えられる。そのため，亀裂分布のみから活断層のような地質構造に起因する現象を把握することは困難であると考えられる。

しかし，当地区においては阪神高速道路の高架橋や，深江南町4丁目から東部第4工区への橋梁などの道路構造物にも著しい被害が生じている。また，それ以外でも，一般道路においても亀裂の集中域や連続性のある開口亀裂が認められている。そのため，これらの被害状況が今後の地質構造解析の一助となる可能性はあると思われる。

以下に，道路において被害のとくに顕著と思われるものを選出し，その被害状況をまとめる。



図-5.3.1 各種構造物におけるおもな被害箇所



図-5.3.1 各種構造物におけるおもな被害箇所

(1) 阪神高速3号線

当路線の顕著な被害は、図-5.3.2に示す芦屋・神戸市境から西方635mの区間における高架橋の転倒が挙げられる。



図-5.3.2 阪神高速3号線の顕著な被害区間

本被害調査時においては、写真-5.3.1、写真-5.3.2に示すように、転倒した高架橋の解体撤去作業がかなり進行していたため、橋脚部の被害状況の詳細は不明であった。しかし、諸機関によって発表された写真によると、橋脚の破壊は橋脚の下部でせん断破壊されていたり、根元で折れ曲がって破壊するなど、転倒区間の破壊様式は一定していないようである。また、転倒方向は道路面が北側に向く方向である。この転倒区間の工法はピルツ工法という特殊な工法であり、橋桁はコンクリートの連続桁というトップヘビーなものであったことが指摘されている。

また転倒区間以外でも、図-5.3.2に示した地点の深江交差点付近において、写真-5.3.3に示すように、橋脚が中央部でせん断破壊され、高架部分がなかば落橋に近い被害を受けている箇所が見られた。さらに、これらの顕著な被害以外においても、当調査地域における高架橋のほとんどの橋脚には、多数の亀裂が認められており、広域的に著しい振動のあったことが明らかである。

(2) 深江大橋

東部第4工区連絡橋においても著しい被害が認められる。深江大橋は図-5.3.2に示すように、深江南町4丁目と東部第4工区を結ぶ約300mの橋梁である。

橋梁部においては、写真-5.3.4と写真-5.3.5に示すように、橋梁方向やそれとほぼ直交する方向などに著しい開口亀裂が認められ、開口亀裂の深さは1.5m位に達することが確認される。

また、橋脚部においても被害が大きく、写真-5.3.6に示すように、深江南町側の橋脚がせん断破壊されていることがわかる。

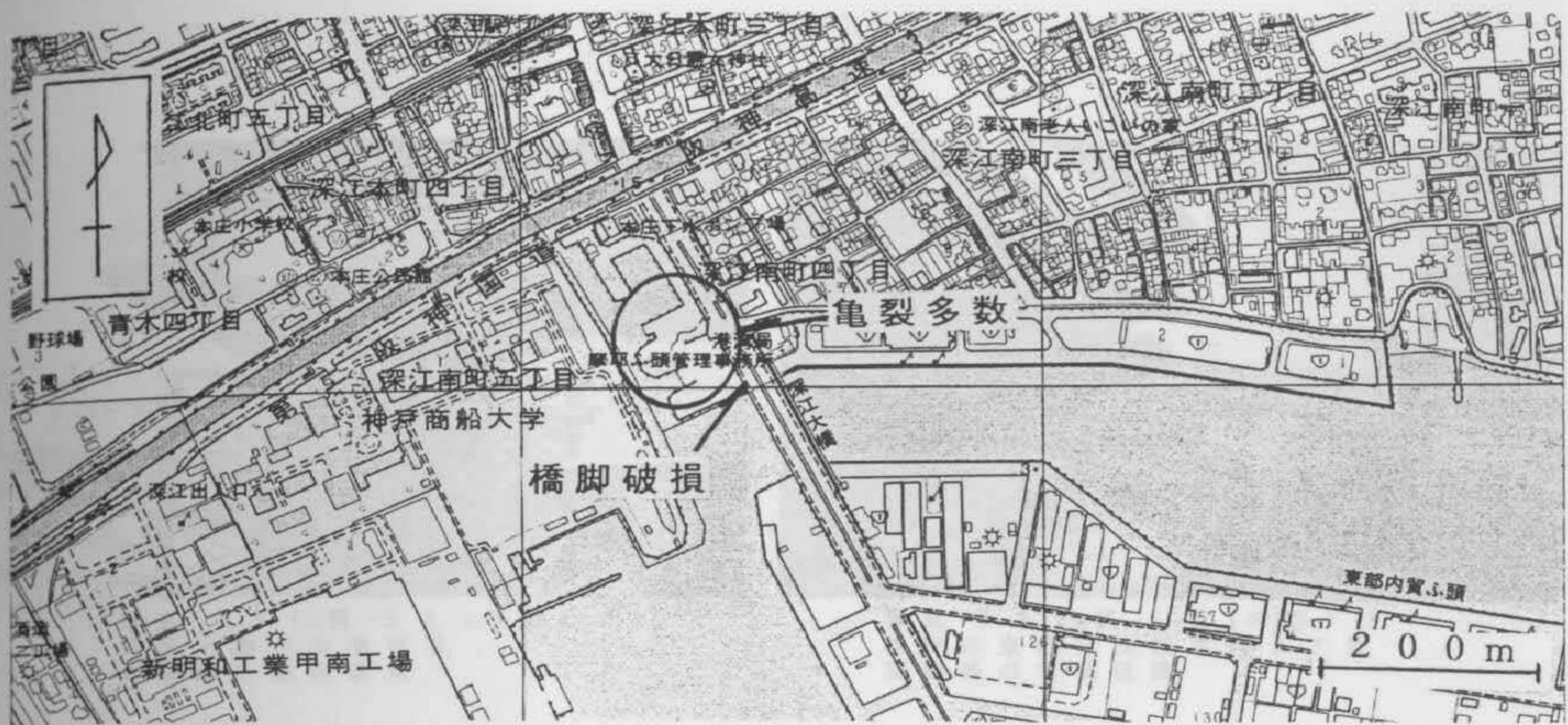


図-5.3.3 深江大橋付近の被害状況

(3) その他

阪神高速および深江大橋以外の地点において、道路亀裂の集中あるいは連続性のある亀裂が認められた地域の被害状況を以下にまとめる。

表-5.3.1 その他の道路被害一覧表

被害地域	被害状況			
	亀裂状況	道路面段差	連続性	備考
深江南町2・3丁目 (写真-5.3.7)	開口亀裂多数 (2~5cm)	とくになし	クランク状に 約200m追跡	マンホールの浮き上がり を伴う(約5cm)
深江南町3丁目 (写真-5.3.8)	開口亀裂多数 (3~5cm)	不特定	南北方向に 約200m連続	
森南町2・3丁目 (写真-5.3.9)	南北性の亀裂多数	とくになし	約150m追跡	
森北町6・7丁目 (写真-5.3.10~11)	北東-南西方向に 卓越する亀裂多数	全体に南落ち	約300m追跡	地すべりに起因する道 路変状と推定される
神戸商船大学グランド (写真-5.3.12~13)	開口性亀裂 (約20cm)	南落ち段差を伴う (最大18cm)	約50m連続	亀裂に沿って噴砂伴う
岡本7丁目 (写真-5.3.14~15)	不定向の亀裂多数	とくになし	約200m追跡	家屋の倒壊を伴う



写真-5.3.1(図-5.3.1の①)
芦屋・神戸市境付近
高架橋の転倒区間



写真-5.3.2(図-5.3.1の②)
神戸市東灘区深江本町2丁目
高架橋の転倒区間



写真-5.3.3(図-5.3.1の③)
神戸市東灘区深江交差点
橋脚の破壊状況



写真-5.3.4(図-5.3.1の④)
神戸市東灘区深江大橋北詰め
深江大橋の被害状況



写真-5.3.5(図-5.3.1の⑤)
神戸市東灘区深江大橋北西部
深江大橋の被害状況



写真-5.3.6(図-5.3.1の⑥)
神戸市東灘区深江大橋北橋脚部
深江大橋北側橋脚部の破壊状況



写真-5.3.7(図-5.3.1の㉗)
神戸市東灘区深江南町2丁目
道路面の亀裂状況



写真-5.3.8(図-5.3.1の㉘)
神戸市東灘区深江南町3丁目
道路面の亀裂状況



写真-5.3.9(図-5.3.1の㉙)
神戸市東灘区森南町2丁目
道路面の亀裂状況



写真-5.3.10(図-5.3.1の㉚)
神戸市東灘区森北町6丁目
道路面の亀裂状況



写真-5.3.11(図-5.3.1の㉛)
神戸市東灘区森北町6丁目
道路面の亀裂状況



写真-5.3.12(図-5.3.1の㉜)
神戸市東灘区神戸商船大学
グラウンド面の亀裂状況

被災状況



写真-5.3.13(図-5.3.1の㉓)
神戸市東灘区神戸商船大学
亀裂に伴う噴砂現象



写真-5.3.14(図-5.3.1の㉔)
神戸市東灘区岡本7丁目
道路面の亀裂状況



写真-5.3.15(図-5.3.1の㉕)
神戸市東灘区岡本7丁目
道路・石塀の亀裂状況

...の設置が確認されたが、とくに東灘地区に状況は
...による亀裂であると推定される。
...と推定される区間において、右種海壁の一部破壊が
...のコンクリート海壁が約20mにわたって破壊も
...その後の復旧と見られる復旧工事により、本災直後

5. 3. 2 鉄道の被害状況

当地区における鉄道は阪神電鉄本線、阪急電鉄神戸線、JR東海道本線の3路線である。これらの各路線においては、高架部分が少なく、落橋のような運行に著しい支障をきたすような損傷は少ない。むしろ、盛土区間における擁壁部の崩壊が認められる程度である。

以下に、各路線ごとに被害状況をまとめる。なお、災害調査期間が地震発生後、1週間以上を経過しているため、軽微な被害については不明である。

(1) 阪急電鉄神戸線

本災害調査時において、運行に支障をきたすような著しい損傷は認められていない。しかし、復旧作業後の調査となった可能性もあり、軽微な損傷については不明である。

(2) 阪神電鉄本線

阪急電鉄神戸線と同様に、本災害調査時においては、運行に支障をきたすような著しい損傷は認められていない。しかし、復旧作業後の調査となった可能性もあり、軽微な損傷については不明である。

なお、青木駅の西方において電車車両の脱線が確認されたが、とくに路線地盤に変状は認められなかった。地震動の直接的な振動による脱線であると推定される。

(3) JR東海道本線

本路線における被害として、盛土部と推定される区間において、石積擁壁の一部崩壊が認められた。また、森北町1丁目付近のコンクリート擁壁が約200m間において傾倒していたことが挙げられる。

なお、石積擁壁の崩壊に関しては、その後の仮設と思われる復旧工事により、本災害調査時においては電車は運行されていた。



写真-5.3.16(図-5.3.1の⑥)
JR 撰津本山駅西方
盛土部の石積擁壁の損傷



写真-5.3.17(図-5.3.1の⑦)
JR 撰津本山駅東方
盛土部の石積擁壁の損傷

5. 3. 3 港湾の被害状況

当地区において関係する港湾施設は、東部第4工区および東神戸フェリー埠頭、神戸商船大学専用埠頭、深江南町4丁目南縁などの護岸施設である。これらのうちで、護岸被害の著しい部分は東部第4工区全域と、東神戸フェリー埠頭であり、それらのほとんどの部分で使用不能な状態となっている。崩壊の代表的な様式としては、護岸が前面に張り出すことによって、背後の地盤が沈下し、水没あるいは著しい段差が生じた状況となっている。なお東部第4工区に関しては、その全域を港湾施設として含め、工区内における全種類の被害状況についてまとめたものである。以下に、各地域ごとに被害状況をまとめる。

(1) 東部第4工区

当地域における被害の特徴は、護岸崩壊や地盤の液状化による噴砂現象が顕著であることに対して、建物の被害がほとんど認められないことである。

以下に、構造物ごとに被害状況をまとめる。

① 建物・道路などの構造物

建物に被害が認められるのは、当工区全域を通じて4棟のみであり、全体的に被害は少ない。それらの被害状況はいずれもが、建物自体の被害はなく、その基礎地盤の変状による建物の傾斜として現れている。地盤の液状化による不等沈下がその要因と思われる。また、周辺地盤の沈下によって、建物が相対的に浮上する傾向も多くで認められる。

当工区内においては、そのほぼ全域において、噴砂現象が顕著である。その影響は道路盤の凹凸や、マンホールの抜け上がり(30~50cm)として現れている。また、円柱の鋼製タンク(φ10m程度)は、基礎部分の座屈により10度程度傾斜する状況となっている。いずれも、地盤の液状化による不等沈下が被害要因と思われる。

② 護岸

当工区内においてはそのほとんど全面において護岸が崩壊するかあるいは、護岸背後の地盤が1~2m沈下することによって水没する状況となっている。

なお、当工区の南東側および西側において被害状況が記入されていないが、これはその区域が立入禁止区域となっており、確認されていないだけである。周辺の被害状況より、護岸崩壊などの被害が生じているものと推定される。

(2) 深江南町4丁目南縁

護岸東縁部の一部において崩壊しているのみであり、全体的に護岸はほとんど崩壊していない。おもな被害内容としては、コンクリート護岸の目地開きが5~20cm見られる程度である。

また、民家の部分において噴砂現象が認められ、家屋が傾斜する。

(3) 商船大学専用護岸付近

立ち入り禁止区域であるため、詳細な被害状況は不明であるが、遠方よりの観察によると、護岸崩壊が著しいように見られる。また、高橋川河口付近では、河川護岸が側方流動により約50cm陥没し、その影響範囲は護岸の背後50m付近まで達している。

(4) 東神戸フェリー埠頭

護岸は完全に崩壊はしていないが、護岸が前面に押し出され、その背後地盤が1.5~2.0m沈下しているため、護岸と背後地盤に著しい段差が生じており、埠頭の使用は不可能となっている。



写真-5.3.18(図-5.3.1の㉔)
東部第4工区東灘高等学校
RC造建物の相対的な浮上



写真-5.3.19(図-5.3.1の㉕)
東部第4工区阪神高速湾岸線付近
道路における噴砂状況



写真-5.3.20(図-5.3.1の㉖)
東部第4工区南部
円柱鋼製タンクの傾斜と道路状況



写真-5.3.21(図-5.3.1の㉗)
東部第4工区清水運輸付近
護岸の被害状況



写真-5.3.22(図-5.3.1の㉘)
東部第4工区吉原製油付近
護岸の被害状況



写真-5.3.23(図-5.3.1の㉙)
神戸市東灘区深江南町4丁目
護岸の被害状況

河川敷地盤上の被害状況

河川敷における被害状況は、図-5.3.1に併せて示したとおりである。河川敷の被害状況をまとめる。

写真状況

写真-5.3.24(図-5.3.1の㉔)



写真-5.3.24(図-5.3.1の㉔)
深江南町4丁目フェリー埠頭
護岸背後地盤の沈下



写真-5.3.25(図-5.3.1の㉕)
深江南町4丁目フェリー埠頭
護岸背後の噴砂状況



写真-5.3.26(図-5.3.1の㉖)
深江南町4丁目フェリー埠頭
護岸背後の地盤亀裂

河川茶臼岩

河川敷に茶臼岩が露出している。河川敷に茶臼岩が露出している。河川敷に茶臼岩が露出している。

5. 4 河川，斜面，宅地盛土の被害状況

河川，斜面，宅地盛土における被害状況は，図-5.3.1に併せて示したとおりであるが，以下に，各構造物別に被害の特徴をまとめる。

5. 4. 1 河川の被害状況

当地区のおもな河川は東より高橋川，要玄寺川，天上川の三川であり，それらの系統図を示すと図-5.4.1のとおりである。

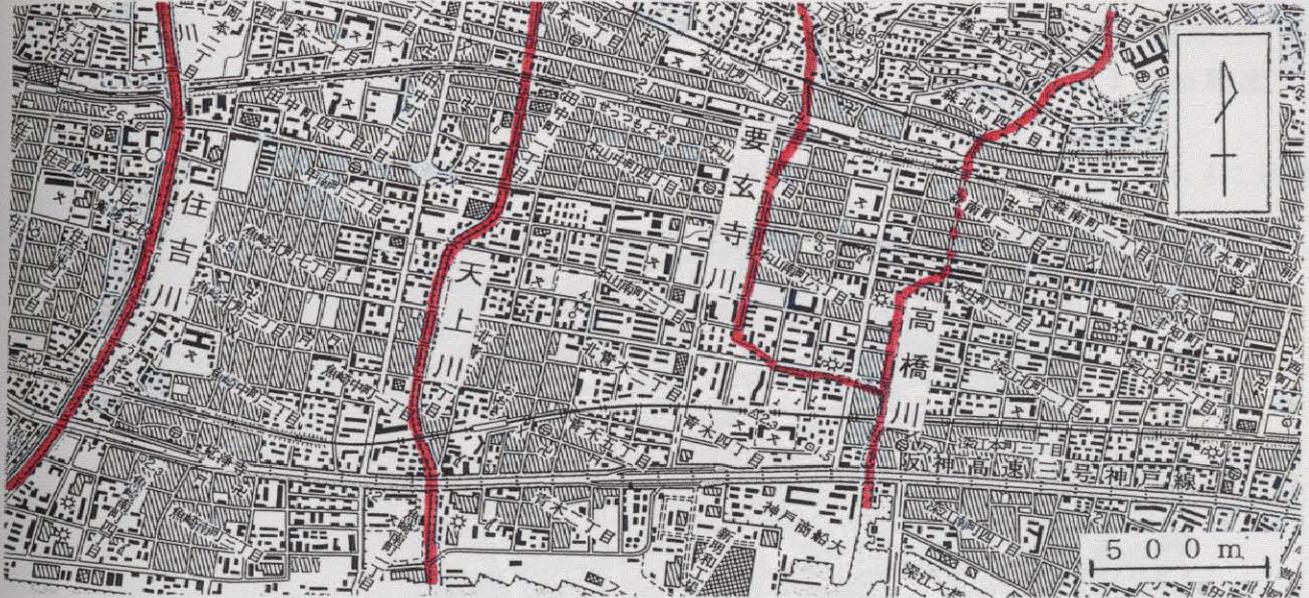


図-5.4.1 河川系統図

当地区における建物の被害が著しいことに対して，河川における被害はむしろ軽度であるといえる。被害内容としては，河川護岸の崩壊あるいは，護岸擁壁の膨らみや目地ズレなどの変状などが挙げられる。

以下に，各河川における被害状況をまとめる。

(1) 高橋川

本庄町3丁目の図-5.4.2に示す地点において護岸崩壊が発生している。護岸は約3m高の石積擁壁より構築されており，崩壊区間は約100mである。崩壊は左岸側のみに発生している。崩壊状況は写真-5.4.1，2に示すとおりである。



図-5.4.2
高橋川の護岸崩壊地点

高橋川における被害状況は以上に示した程度であり、この地点以外においてはとくに被害は認められていない。

また、森北町6丁目から森北町7丁目における甲南女子大、甲南女子中・高校付近の建物および斜面に直線的な被害分布が認められたことは前述したとおりであるが、この地域における河川護岸においては、被害は認められていない。

(2) 要玄寺川

本山中町2丁目において、小規模な護岸崩壊が2箇所が発生している。護岸はいずれも約3m高の石積擁壁より構築されており、崩壊幅はそれぞれ5mおよび10m程度である。2箇所ともに左岸における崩壊である。

崩壊地点は図-5.4.3に示すようであり、その状況は写真-5.4.3、写真-5.4.4に示す。



図-5.4.3 要玄寺川の護岸崩壊地点

(3) 天上川

天上川においては、護岸擁壁のわずかな膨らみや亀裂、護岸肩部の河川方向に沿った亀裂などが数箇所で見られる程度であり、崩壊にいたるものは認められず、全般的に軽度な被害状況である。各地点の被害状況は、以下の地点図と写真に示すとおりである。

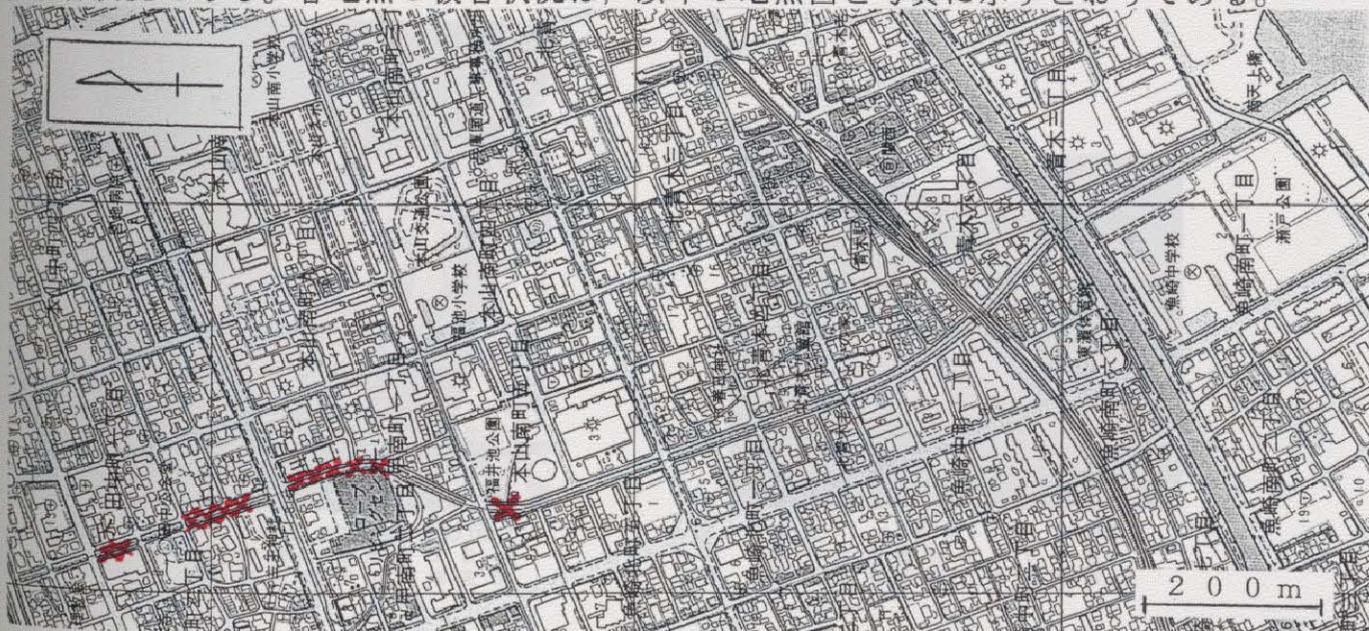


図-5.4.4 天上川の護岸変状地点



写真-5.4.1(図-5.3.1の㉗)
神戸市東灘区本庄町3丁目
高橋川左岸の護岸崩壊状況



写真-5.4.2(図-5.3.1の㉘)
神戸市東灘区本庄町3丁目
高橋川左岸の護岸崩壊状況



写真-5.4.3(図-5.3.1の㉙)
神戸市東灘区本山中町2丁目
要玄寺川左岸の護岸崩壊状況



写真-5.4.4(図-5.3.1の㉚)
神戸市東灘区本山中町2丁目
要玄寺川左岸の護岸崩壊状況

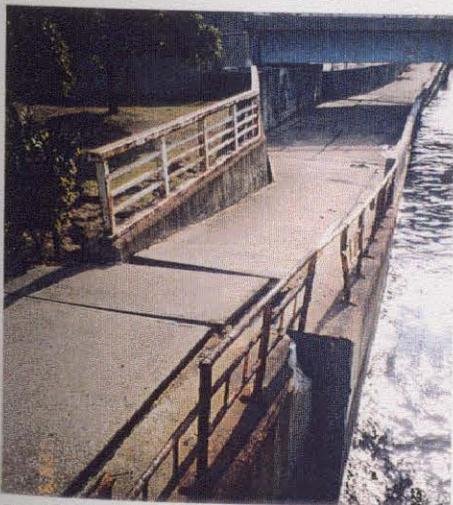


写真-5.4.5(図-5.3.1の㉛)
神戸市東灘区青木3丁目
天上川河口付近の護岸変状



写真-5.4.6(図-5.3.1の㉜)
神戸市東灘区青木3丁目
天上川河口付近の護岸変状

5.3.1 自然環境の被害状況

全地区の大部分は住宅地域で占められるため、被災における自然環境と土壌汚染と
の関連性を考える必要がある。そのため、確定的なものではないが、六甲山塊の山腹斜面に
関する被害状況を調査した。



写真-5.4.7(図-5.3.1の㉓)
神戸市東灘区甲南町1・2丁目境
天上川護岸の膨らみ(5cm程度)



写真-5.4.8(図-5.3.1の㉔)
神戸市東灘区田中町1・2丁目境
天上川護岸の崩壊状況



図-5.5.5 甲南女子大学付近の遺すべり箇所

5. 4. 2 自然斜面の被害状況

当調査地区の大部分は住宅地域で占められるため、斜面における自然斜面と盛土斜面との特定が困難な場合が多い。そのため、確定的なものではないが、六甲山地の山腹斜面に造成された地域のうちで、甲南女子大学付近と岡本7丁目付近に見られる斜面災害について、以下にまとめる。

(1) 甲南女子大学付近

建物の被害状況において示したように、森北町6・7丁目の甲南女子大学付近をとる北東-南西方向における被害分布地域において、地すべり性の斜面被害が認められる。

これは図-5.4.5に示す範囲において、道路亀裂、石積のズレ、建物倒壊などが系統的に認められるため、地すべり性であると推定される。推定される規模としては、幅180m程度である。



図-5.4.5 甲南女子大学付近の地すべり範囲

(2) 岡本7丁目付近

切土斜面において被害が認められる地点は、おもに図-5.4.6に示す2地点である。



図-5.4.6 自然斜面の変状地点

ひとつは写真-5.4.12に示すように、幅約10m、高さ4～5mの斜面であり、斜面本体における変状は明らかではないが、コンクリート吹き付けが著しく剥離した状態となっている。また、他方は写真-5.4.13に示すように、斜面末端に構築されたコンクリート擁壁の崩壊として認められる。この斜面は小規模であり、2～3m幅ので高さ約3mである。

5. 4. 3 宅地盛土の被害状況

盛土部における顕著な被害として挙げられるものは、本山南町4・5丁目の福井池公園から福池小学校にいたる地域である。

この地域においては、約400mにわたって地盤の亀裂や、構造物の被害が追跡される。現在においては平坦地となっているが、図-5.4.7、図-5.4.8に示すように、亀裂が顕著な部分は旧地形より福池の南縁部に対応することが明らかであり、盛土縁辺部における地盤変状であると推定される。

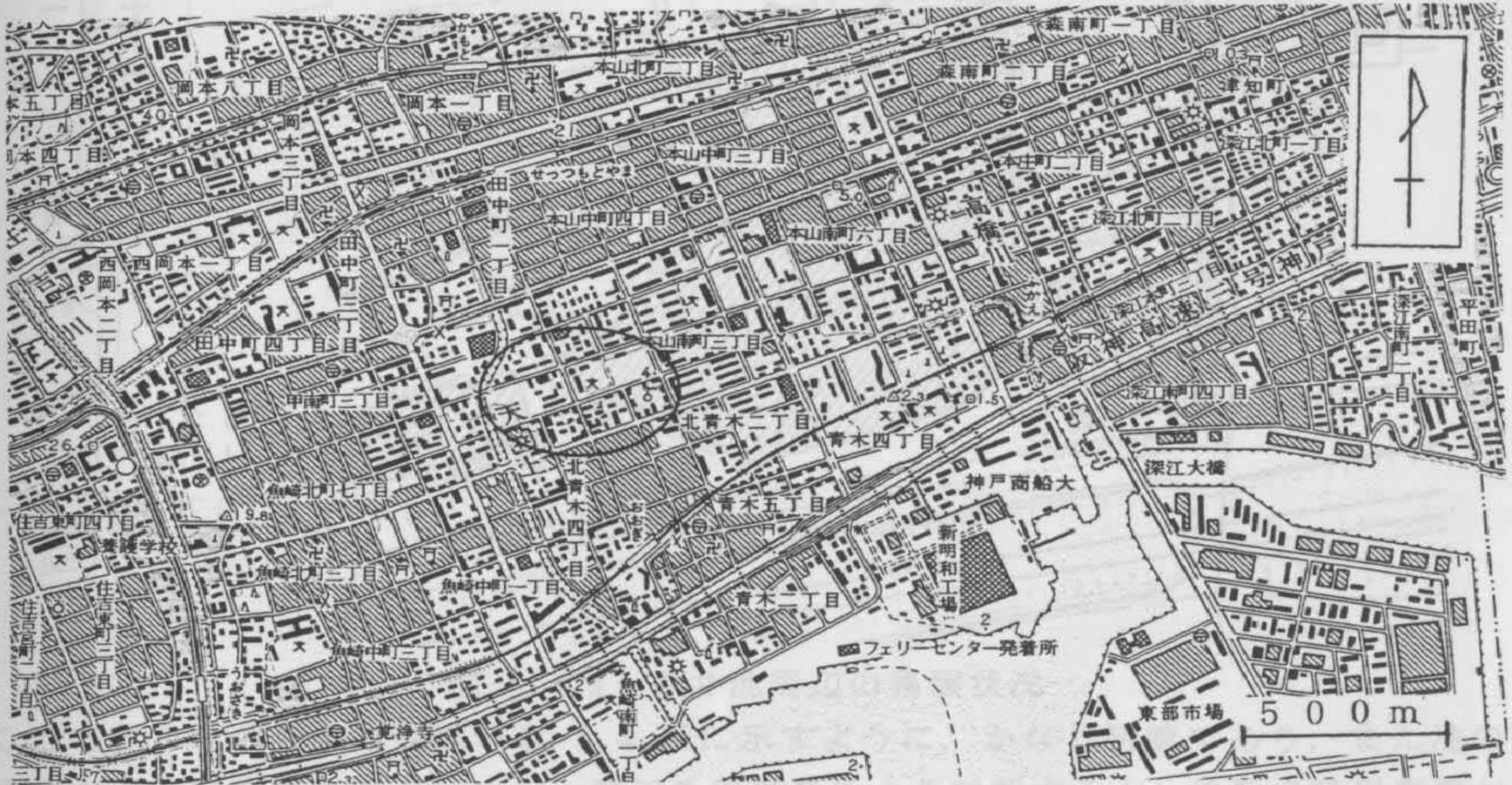


図-5.4.7 現在の本山南町4・5丁目付近



図-5.4.8 明治時代の本山南町4・5丁目付近

一方、図-5.4.9に示すように、深江北町1丁目の白井池周辺部においても、連続性のあ
る地盤亀裂が確認されている。

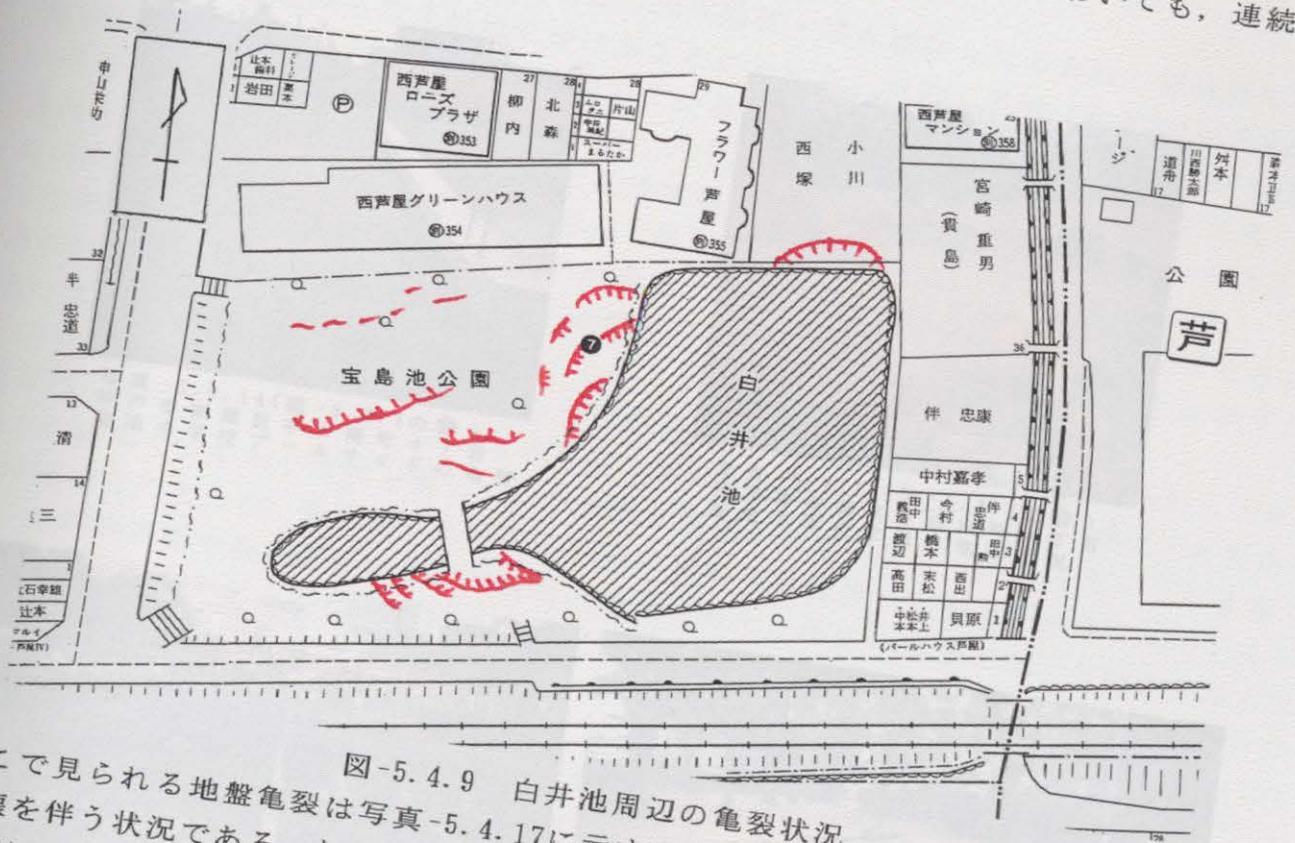


図-5.4.9 白井池周辺の亀裂状況

ここで見られる地盤亀裂は写真-5.4.17に示すように、かなり明瞭であり、また池の護
岸崩壊を伴う状況である。しかし、周辺の地形条件より判断すると、亀裂や護岸崩壊が発
生している部分は、いずれも盛土地域である可能性が高く、地震動によって盛土内あるい
は、盛土と地山の境界付近が破壊したものであると推定される。



写真-5.4.14(図-5.3.1の㉔)
神戸市東灘区本山南町4丁目
福池小学校プールサイドの亀裂

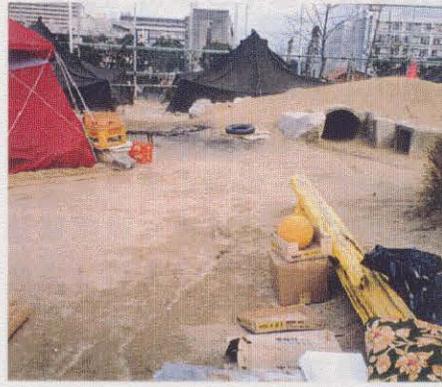


写真-5.4.15(図-5.3.1の㉕)
神戸市東灘区本山南町4丁目
福池小学校校庭の亀裂状況



写真-5.4.16(図-5.3.1の㉖)
神戸市東灘区本山南町4丁目
本山交通公園の被害状況



写真-5.4.17(図-5.3.1の㉗)
神戸市東灘区深江北町1丁目
白井池周辺の地盤亀裂

B. 西部地区

5. 5 概要

神戸は、花崗岩からなる六甲山地と、大阪層群・段丘層からなる台地、扇状地堆積物を主体とする沖積層からなる低地に分けることができる。山地と平地（台地および低地）の境界は急崖をなし、平地もかなり傾斜している。東灘区西部地区では、北から南に流れている住吉川に沿って、台地が山地部に深く入り込んでいる。山地部から台地を北東-南西方向に横切って、北から大月断層・五助橋断層・渦が森断層がほぼ平行に走っている。また山地と平地の境界には芦屋断層の延長（派生）断層が東西に走っている。

台地および山地境界部では宅地開発が進み、断層地形が失われ、現在ではそこに多くの住宅が建てられている。一方、これらの開発で発生した土砂で、湾岸部の埋立造成や人工島の建設が行われている。

今回の兵庫県南部地震により発生した東灘区西部の被害は、阪神電鉄の北側からJRの北縁部にかけて著しく、そこでは木造家屋の倒壊率が高い（図-5.5.1）。特にJRの南縁部と北縁部ではビルの破損も著しく、気象庁の震度7地域の分布に相当する。この被害集中領域の北に当たる、阪急電鉄の南縁から北の地域では破損した家屋が少なくなる。しかし、五助橋断層や渦が森断層、芦屋断層の延長（派生）断層の近傍では、周囲の家屋と比較して被害の集中する領域が断続的に分布する。そして道路やグラウンド・公園に割れ目の集中する領域や崩壊もまた断層に沿って分布する（図-5.5.2）。一方、阪神電鉄の南に向かって家屋の破損状況は急激に少なくなり、阪神高速の南ではほとんど破損していないが、湾岸部や人工島では液状化による被害が著しい（図-5.5.2）。



○ : 建物被害集中域

番号 : 写真位置

図-5.5.1 東灘区西部地区の建物被害状況図



番号：写真位置

図-5.5.2 東灘区西部地区の主要構造物，河川，斜面，宅地盛土の被害分布図

5. 6 建物の被害状況

建物被害調査の結果によると、建物の種類（構造）や建築年代の違いによって、被害の程度に明瞭な差異が認められる。

建物の種類でみると、古い木造家屋において被害が大きく、特に瓦の下に土（粘性土）を敷いた木造家屋は半壊・全壊したものが多。一方新築に近い新しい家屋、特に瓦屋根でない家屋においては被害の集中している地域においても被害が軽微であるという傾向が認められる。ただし、瓦屋根でないツーバイフォーのような家屋は建築年代の古いものはないので、瓦屋根の家屋との構造の違いを単純に比較することは難しい。また古い木造家屋は勿論のこと、比較的新しい家屋であっても、二階建て家屋では一階部の倒壊が目立った。

鉄筋コンクリート建築物でも、建築年代の古そうなものや一階部に柱の少ないもの、全般に柱の細いもので被害が大きくなっている傾向が認められる。鉄筋コンクリート建築物の場合、外観の目視だけでは、建築年代や構造の差が被害の程度にどのような差異をもたらしているか、木造建築ほど明瞭に捉えることは難しいが、木造家屋の被害の特に大きいところでは鉄筋コンクリート建築物の被害も大きいということ是可以する。建物の被害状況を写真-5.6.1～写真-5.6.6に示す。

建物の被害状況の地理的分布をみると、被害の程度に明瞭な地域差が認められる。また全体的には被害の軽微な地域、もしくは健全な地域であっても、その中に周辺地域と比較して被害程度の大きな家屋が集中する地域も認められる。以下の記述では地盤の地質構成と家屋の被害状況を考慮してほぼ東西にのびる5地域に区分して行う（図-5.5.1参照）。

（1）山手幹線（主要地方道長田楠日尾町線）より北側の地域

地質構成は花崗岩・大阪層群下部層・段丘層である。北部の山地部には五助橋断層・渦が森断層が走り、山地と平地の境界部にも活断層が走っている。

当地域の家屋の被害は全般に軽微か健全で、比較的新しい木造家屋や鉄筋コンクリート建築物はほとんど健全である。しかし、つぎの地域は周辺地域と比較すると家屋の被害が集中している。

①御影山手5丁目～御影山手4丁目、住吉山手9丁目から渦森台2丁目にかけての地域

住吉山手9丁目は一部の半壊家屋を含んで一部破損家屋が集中する。渦森台2丁目は一部破損家屋が点在する。住吉山手9丁目沿いの溪流（住吉川上流部）は後述するように崩壊が集中する。これらの地域は北の五助橋断層と南の渦が森断層に挟まれた地域および渦が森断層の南側に当たる（図-5.6.1）。また、住吉山手9丁目の北東に位置する住吉霊園では、五助橋断層と渦が森断層の直上に位置する場所で墓の倒壊率が高く、盛土面や道路面に割れ目が集中している。

②住吉山手4丁目から、西岡本6丁目と西岡本7丁目の境界付近を通過して、岡本9丁目～岡本8丁目～岡本7丁目に至る地域

岡本9丁目～岡本8丁目～岡本7丁目では、ほぼ西北西から東南東に流れる天上川の上流部沿いで全壊・半壊を含む破損した家屋が集中し、甲南大学の校舎も大きな被害を受けている。また後述するように道路面の割れ目や崩壊が集中している。この地域は山地と平地の境界付近に位置し、芦屋断層の延長（派生）断層が走っている位置に当たる（図-5.6.1）。家屋の破損は断層線よりやや南の平地部で著しい。



図-5.6.1 活断層と周囲と比べて被害程度の高い家屋の集中する被害家屋集中領域・割れ目の集中領域地域・崩壊の分布との関係(東灘区北西部)

— : 活断層
 : 被害家屋集中領域
 : 割れ目の集中領域
 ● : 崩壊
 (活断層の分布は松山・岡田(1991)¹⁾による)

(2) 山手幹線より国道43号線までの地域(北から南に向かって、JR、国道2号線、阪神電鉄が東西に走る)

地質構成をみると、山手幹線からJRの南縁までの地域では、住吉川流域を除く地域には段丘層が分布し、それより南の地域では、沖積層が分布している。沖積層の最上部は砂礫が広く分布しているようである。

当地域は全体的に家屋の被害が大きく、古い木造家屋はほとんど全壊状態である。特に魚崎中町・魚崎北町のように古い木造家屋の集中する地域では倒壊率が高く、多くの人命が失われている。鉄筋コンクリート建築物もJRや国道2号線付近では大きな損傷を受けている。

(3) 国道43号線より南の湾岸部

地質構成は沖積層と湾岸縁辺部の埋立地盤からなる。

当地域は工場と民家がほぼ半数程度の割合で分布している。被害状況を見ると、工場についても民家についても、被害のある地域とほとんど被害のでていない地域とに大きく別れる。被害の大きかった地域は御影本町5丁目から4丁目にかけての地域と魚崎南町4丁目である。両地域で全壊した建築物には古い木造建築の酒造工場が多数含まれている。

(4) 埋立地域(御影浜町～住吉浜町・魚崎浜町)

御影浜町～住吉浜町も魚崎浜町も風化花崗岩を埋立材料とする埋め立て地で、両地域とも建築物はすべて工場である。

御影浜町～住吉浜町の工場はほとんど健全である。魚崎浜町もほとんど健全であるが、数カ所全壊している工場がある。

図-5.6.2は明治前期の古地形に建物被害集中域を重ね合わせたものである。被害は住吉川が山地から平地にでたところに発達する扇状地上では少なく、それより下流側の標高40m以下の地域に集中している。下流側でも住吉川沿いは被害が少ないが、そこには礫・玉石が分布している。明治時代に集落の発達した地域も大きな被害を受けている。集落の発達を規制する自然条件を考えると、当時は水害や土砂災害少ない土地が選定されたと想像されるが、これらの災害には強い地盤も地震に対しては弱かったということかも知れない。



図-5.6.2 明治前期の古地形²⁾と建物被害集中域

建物被害集中域

5. 7 道路、鉄道、港湾の被害状況

5. 7. 1 道路の被害状況

道路の被害は道路面の割れ目の発生がほとんどである。割れ目は形態的にみると、引張り破壊による開口割れ目と、引張り破壊として発生した開口割れ目が閉塞・衝突した圧縮変形を伴う割れ目がある（写真-5.7.1）。引張り割れ目と圧縮変形を伴う割れ目はしばしば共存して互いに平行に配列しているのが観察される。これらの割れ目の発生に伴って周囲の地盤やアスファルトが塑性変形し、段差や隆起、陥没を生じているところも少なくないが、垂直方向の変位は小さい。港湾部ではさらに液状化に伴う路面の波状変形や割れ目を生じている。噴砂はこれらの割れ目に沿って起こっている。道路面の割れ目の発生が斜面崩壊と密接に関係しているところを除くと、道路自体の被害は小さく、その機能が損なわれるような被害はほとんどない。

割れ目の分布は以下に述べるように道路の付帯構造物や建築物、道路の埋設施設と密接に関係している。

- ①道路の付帯構造物として擁壁が設けられているところでは、擁壁と平行な割れ目が多く発生し、擁壁が前方に傾いているところもある。擁壁の背後では道路面や歩道の陥没が起こっていたり、反対に側溝が押しつぶされていることもある（写真-5.7.2）。擁壁を高角度に横切る割れ目は、コンクリート擁壁ではつなぎ目に沿って、ブロック擁壁ではブロック境界に沿って、石積み擁壁では岩塊の境界に沿って、発生しているところが多い。これらの割れ目のあるものは道路を高角度に横切って成長している。
- ②護岸のある河川沿いの道路では、割れ目の形態や分布様式が①の場合と非常によく似ている。割れ目は護岸に平行な割れ目が多く発生し（写真-5.7.3）、陥没を伴っていることがある。擁壁付近と護岸沿いの道路面の変形についてはほとんど類似した現象が起こっているものと考えられる。
- ③被害の少なかった鉄筋コンクリート建築物の周囲にも道路面や歩道に割れ目が多数発生している（写真-5.7.4）。割れ目の分布を大局的にみると、建物を取り巻くように発達している。詳細に観察すると、割れ目は建築物の外形や柱の位置、歩道の形や側溝の位置などに支配され、引張り割れ目と圧縮変形を伴う割れ目とが複雑に交錯して分布するのが特徴である。
- ④このほか、マンホールや電柱、道路地下に埋設されている鉄管やカルバートに割れ目の発生が規制されている。例えば、電柱やマンホールではそれらの周囲を取り巻く割れ目とそれらから放射状に割れ目が延びた割れ目がある（写真-5.7.5、写真-5.7.6）。また埋設された鉄管やカルバート直上の道路面にはそれらの境界に沿って割れ目が多発し、隆起や陥没を伴うこともある。

本地区の道路の被害を広域的にみると、以下に述べるように割れ目の集中する地域がある（図-5.5.2、図-5.6.1参照）。

- ①御影山手3丁目・住吉山手9丁目・住吉霊園
北の五助橋断層と南の渦が森断層に挟まれた地域に当る。
- ②鴨子ヶ原3丁目・住吉山手8丁目・住吉台
渦が森断層の南側に当たる。
- ③住吉山手7丁目～住吉山手6丁目

赤塚山高校の北側には活断層が走っている。赤塚山高校のグラウンドにも多数の割れ目が走っている。

- ④住吉山手4丁目～住吉山手3丁目・西岡本7丁目～西岡本6丁目・岡本9丁目～岡本8丁目～岡本7丁目にかけて

芦屋断層の延長（派生）断層の南側か北側に当たる地域に割れ目が発達している。

- ③魚崎北町5丁目から魚崎北町8丁目の住吉川沿いの道路

ここは家屋の倒壊率の高いゾーンに入っており、割れ目の発生は住吉川の護岸の変形と密接に関係している。

- ④魚崎西町1丁目～魚崎西町2丁目や魚崎南町2丁目（国道43号線の南）

これらの地域は健在な工場が多く、しばしば工場を取り巻くように道路面に割れ目が発達している。

- ⑤埋立地域（御影浜町～住吉浜町・魚崎浜町）

一部工場を取り巻くように道路面に割れ目が発達している。

5. 7. 2 鉄道の被害状況

調査は天上川橋梁～石屋川橋梁区間の阪急電鉄神戸線，JR東海道本線（神戸線），阪神電鉄本線について行った（図-5.5.2）。

（1）阪急電鉄神戸線

本区間での路線形態は、「盛土」，「コンクリート擁壁（盛土）」の形式がとられている。

この区間での被害は住吉川より東の区間で大きく，特に擁壁の損傷とそれに伴う盛土の崩壊がみられる。損傷が激しい区間のコンクリート擁壁はかなり古いと考えられ，写真-5.7.7にみられるように擁壁の中間部に水平方向に亀裂が入ったり，擁壁上部が外側へ傾斜・崩壊したりしている。

東灘区西岡本の約540m区間では，写真-5.7.8に示したように橋台を残してすべての擁壁・盛土の撤去が実施されている。

住吉川よりも西では，線路の波打ちなどの被害はみられるものの，致命的な損傷は少ない。

（2）JR東海道本線（神戸線）

本区間での路線形態は，「石積み擁壁+盛土」，「盛土」，「コンクリート擁壁+盛土」，高架橋という種々の形式がとられている。

この区間での被害状況は，石積み擁壁の崩壊とそれに伴う盛土のり面崩壊，のり面崩壊，高架部での橋台・橋脚の破損，などがみられる。

天上川から西側約700m区間では，石積み擁壁の崩壊に伴い堤体盛土の崩壊が生じている（写真-5.7.9参照）。これらの区間では，H型鋼+矢板による応急対策が実施されている。

住吉駅の西400mから石屋川橋梁までの約850m区間では，高架橋橋脚および橋台部の損傷が激しい。この区間では，ほとんどの橋脚・橋台が座屈やせん断破壊を生じており，著しいものは橋脚が鉄筋を残して破断し，桁が地表近くにまで落下している（写真-5.7.10参照）。道路との交差部では長スパンとなることもあり，橋台が大きく破壊している。

この橋脚の座屈破壊・桁の落下は下り線よりも上り線での損傷がより激しく、これは施工時期の違いも関係すると思われる（上り線の方が下り線に比べて早い）。

（3）阪神電鉄本線

本区間での路線は、「のり止め擁壁+盛土のり面」、「盛土のり面」、「コンクリート擁壁（盛土）」、高架橋という種々の形式がとられている。

この区間での被害状況は、盛土のり面の崩壊、盛土のり止め擁壁の到壊に伴う盛土の一部崩壊、擁壁の膨らみ出しおよび転倒、橋台の傾斜や破損、高架部橋脚の破損、などがみられる。

盛土のり面の崩壊は、魚崎西町3、4丁目の路線両側（約260m区間）においてみられる。

盛土のり止め擁壁崩壊に伴う盛土のり面の崩壊は、魚崎中町3丁目（路線山側約100m区間）においてみられ、写真-5.7.10に示したように擁壁上半分約50cmが到壊し、盛土のり面の一部（幅40m）が崩壊している。

擁壁の膨らみ出し・転倒は、魚崎中町3～4丁目（路線山側約280m区間）や住吉南町3丁目の路線両側（約120m区間）、石屋川駅付近約300m区間においてみられる（写真-5.7.11～5.7.12参照）。

橋台の傾斜や破損は、魚崎南町7・8丁目間、御影石町2丁目、3丁目においてみられる。御影石町2丁目では橋台がせん断破壊し、幅40cmの亀裂が発生している（写真-5.7.13参照）。

高架部橋脚の破損は、住吉南町5丁目や御影中町1丁目などでみられる。破損状況は、ほとんどが橋脚の座屈によるコンクリートの剥離、主鉄筋の座屈である。

5.7.3 港湾の被害状況

調査は東部第2工区～第3工区で行った（図-5.5.2参照）。

（1）護岸

護岸形式の違いにより被害状況が大きく異なる。

東部第2工区では南側、西側全長および北側西半分（御影大橋より西側）での被害が大きく、被害状況は海側への移動・傾斜および沈下となっている（写真-5.7.14）。海側への移動量は、大きいところでは2～3mと想定される。沈下量は、数十cm～1m程度と想定される。特に、コーナー部での被害状況が大きくなっている。

東側および北側東半分（御影大橋より東側）の護岸の変状は比較的少なく、10～20cm程度のずれと思われる。

また、護岸から20m付近までの範囲には、護岸に平行な亀裂が数多く走り、場所によっては深さ1～2.5mの陥没が発生している。この護岸背後の盛土の陥没は、東側、南側、西側でみられる。

東部第3工区では東側および北側西3分の1（魚崎大橋より西側）での被害が大きく、被害状況は海側への移動・傾斜および沈下となっている。海側への移動量は、大きいところでは1m程度と想定される。沈下量は、数10cm程度と想定される。特に、コーナー部での被害状況が大きくなっている（写真-5.7.15）。

南側、西側全長および北側東3分の2（魚崎大橋より東側）の護岸の変状は比較的少な

く、海側への移動量は10～20cm程度と思われる。

護岸から20m付近までの範囲には、護岸に平行な亀裂が数多く走り、場所によっては深さ1m程度の陥没が生じている。

(2) 荷揚げ施設

護岸の海側への傾斜および沈下、護岸背後の盛土の陥没などのために、荷揚げ用クレーン、コンベアーのほぼすべてが損傷を受けている(写真-5.7.16)。盛土の陥没は、大きいところでは1～2.5mにもなり、荷揚げ施設自体が機能しない状況となっている。また、栈橋(ドルフィン)は、基礎杭の損傷が目立ち、一部で傾斜がみられる(写真-5.7.17)。

(3) 構造物(倉庫、工場、タンク)

東部第2工区～第3工区埋立地では、護岸の海側への傾斜および沈下、護岸背後の盛土の陥没(写真-5.7.18)、および埋立地盤の液状化に伴って、建築構造物に大きな被害がでている。

護岸に近接する構造物では護岸背後の盛土の陥没により基礎杭の露出がみられる(写真-5.7.19)。

(4) 液状化

東部第2工区～第3工区埋立地では、かなりの範囲で液状化が認められる。埋立地中央部では特に被害が大きく、地面が露出しているグラウンド・工場跡地では噴砂孔が多くみられる。(写真-5.7.20)

5. 8 河川，斜面，宅地盛土の被害状況

5. 8. 1 河川の被害状況

調査した河川は調査地域のほぼ中央部を北から南に流れる住吉川である。住吉川は住吉山手の白鶴美術館の北に位置する落合橋のところで、住吉谷・西滝が谷・五助谷川を源流とする東側の溪流と、地獄谷川・大西谷および大月谷・西山谷を源流とする西側の溪流とに分岐する。さらに西側の溪流は住吉山手8丁目の西谷公園の南で地獄谷川・大西谷方面の溪流と大月谷・西山谷方面の溪流とに分岐している。今回住吉川の上流部の東側の溪流については、五助谷川に入って五助橋断層の露頭付近から下流を調査し、西側の溪流については、地獄谷川・大西谷方面の溪流は住吉霊園より下流を、大月谷・西山谷方面の溪流は住吉山手9丁目沿いを調査した。

住吉川の被害状況を下流から上流に向かってみていくと、以下のようなになる（図-5.5.2参照）。

- ① 阪神電鉄からJRにかけては、護岸としての石積みのはらみ出しと崩壊がおり、護岸の変形している箇所では道路面にも割れ目が発達している（写真-5.8.1～写真-5.8.4）。
- ② JRから阪神電鉄、さらに上流の新落合橋付近までは河床のコンクリートに割れ目が発達しているが、石積み擁壁の変形は認められない（写真-5.8.5）。
- ③ 西岡本7丁目沿い（住吉川河川公園から落合橋付近まで）から西側の溪流の住吉台公園沿いにかけての急崖では、段丘層・花崗岩の崩壊が集中して起こっている（写真-5.8.6）。
- ④ 東側の溪流については、住吉台の住宅地の北端から五助谷川と住吉谷川の分岐までは花崗岩の崩壊が多発する。この分岐地点では砂防堰堤によって堆積した土砂の堆積面に割れ目が多数発達し、一部噴砂も認められる。さらに上流の五助谷川に入ると、段丘層の崩壊が多発している。
- ⑤ 西側の溪流は住吉台公園沿いの崩壊集中域を過ぎると、西谷公園の分岐地点付近まで被害は認められないが、そこより上流側、地獄谷川・大西谷方面の溪流は住吉霊園に至るまでの区間で花崗岩の崩壊が起こり、大月谷・西山谷方面の溪流（住吉山手9丁目沿い）は段丘層と花崗岩で崩壊が多発している。

以上のように、護岸としての石積みや、段丘層や花崗岩の急崖部で崩壊が多数認められるが、今回の地震で発生した土砂量は少量で、河川機能に大きく悪影響を与える量ではない。

5. 8. 2 斜面，宅地盛土の被害状況

今回の地震で発生した斜面の崩壊にはつぎの5つのタイプのものが観察された。

① 小規模な盛土の崩壊

高さ1m前後かそれ以下の小規模なもので、崩壊した石積みの背後の盛土の崩壊である。特に地図上には記述していないが、家屋の被害の集中している地域や割れ目の発達している地域ではしばしば認められた。

② 比較的規模の大きい盛土の崩壊

これは西岡本7丁目と西岡本6丁目の境界の斜面で発生したもので、擁壁と道路面

のアスファルトの一部が崩れ落ちた（写真-5.8.7, 写真-5.8.8）。完全に移動した部分は崩壊的であり、その背後に多数の割れ目が走っている。崩壊部には自然地盤は露出しておらず、高角度の割れ目はあっても、低角度のすべり面は観察されなかった。この地域は以前より地盤が悪く、多数のボーリング調査がなされている。

③段丘層の崩壊

崩落に近い崩壊をして花崗岩礫が落下している。このタイプの崩壊は西岡本7丁目沿い（住吉川河川公園から落合橋付近までと西側の溪流は住吉台公園沿い）と五助谷川沿いの五助橋断層の露頭より下流側で多発している（写真-5.8.9）。

④CM~CL級花崗岩の崩壊

節理・小断層に囲まれたブロックの崩壊で小規模なものが多い。このタイプの崩壊は西岡本7丁目沿い（住吉川河川公園から落合橋付近まで）から西側の溪流の住吉台公園沿いにかけての急崖（写真-5.8.10）、および住吉台の住宅地の北端から五助谷川と住吉谷川の分岐までの山地斜面で多発している（写真-5.8.11）。

⑤マサのコンクリートの吹き付け部の剥離

マサ表面に張り付けた厚さ3~5cmのコンクリート吹き付け部の落下で、大きく剥がれるように落ちている。このタイプの崩壊は西岡本7丁目で観察された（写真-5.8.12）。

以上のように、崩壊の多くは山地部で発生しているが、崩壊の集中分布域と活断層の分布との関係をもてみるとつぎのような特徴がある（図-5.6.1）。

- ①地獄谷川・大西谷方面の溪流（西谷公園から住吉霊園に至るまでの区間）と大月谷・西山谷方面の溪流（住吉山手9丁目沿い）とでは花崗岩・段丘層の崩壊が集中するが、この地域は渦が森断層の南側および渦が森断層と五助橋断層とに挟まれた地域である。
- ②五助谷川沿いの五助橋断層の露頭より下流側の段丘層の崩壊は五助橋断層に沿って分布している。
- ③住吉台の住宅地の北端から五助谷川と住吉谷川の分岐までの山地斜面では、花崗岩の崩壊が多発するが、北部は渦が森断層の北方延長線であり、かつ五助橋断層の南東側である地域である。そして南部は渦が森断層の南西側に当たる。
- ④西岡本7丁目沿い（住吉川河川公園から落合橋付近まで）から西側の溪流の住吉台公園沿いにかけての急崖で段丘層・花崗岩の崩壊が集中して起こっている地域は芦屋断層の延長（派生）断層の北縁部に当たる。西岡本の盛土の崩壊や岡本7丁目の盛土および花崗岩の崩壊は断層近傍である。

以上を全体としてみると、崩壊は五助橋断層の南側・渦が森断層の南側・芦屋断層の延長（派生）の北側に集中している。

（参考文献）

- 1) 松山紀香・岡田篤正：空中写真判読による六甲山地南麓部のかつ断層詳細図－試作例－，活断層研究，9，pp69-92.
- 2) 地図試料編纂会編：明治前期関西地誌図集成，柏書房，97p，1989.



写真-5.6.1 (図-5.5.1の①)
水道局東澁営業所
柱に共役の剪断亀裂発生



写真-5.6.2 (図-5.5.1の②)
灘神戸生協配送センター
一階部倒壊

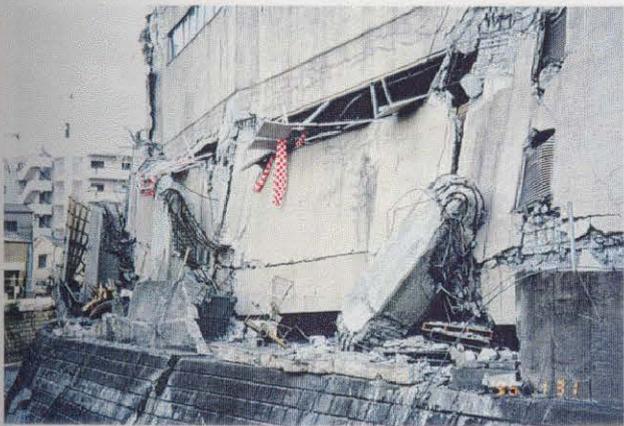


写真-5.6.3 (図-5.5.1の③)
灘神戸生協配送センター
柱の剪断破壊で一階部倒壊



写真-5.6.4 (図-5.5.1の④)
春日神社 神殿倒壊



写真-5.6.5 (図-5.5.1の⑤)
田中町2-17 木造家屋の倒壊



写真-5.6.6 (図-5.5.1の⑥)
田中町2-14 壁の剪断破壊・ドアの変形、
窓の変形。脱出できない。



写真-5.7.1 (図-5.5.2の①)
歩道の圧縮変形を伴う割れ目



写真-5.7.2 (図-5.5.2の②)
側溝が圧縮され、蓋が変形。



写真-5.7.3 (図-5.5.2の③)
道路に擁壁と平行の割れ目発生、石積み
擁壁ははらみ出し、一部崩壊。



写真-5.7.4 (図-5.5.2の④)
本山中学校の校舎の周りの道路面に発生した割れ目、側溝は圧縮してつぶれている。



写真-5.7.5 (図-5.5.2の⑤)
マンホール・電柱の周囲から割れ目発生。
道路はコンクリート建築物に挟まれ、全
体として圧縮変形している。



写真-5.7.6 (図-5.5.2の⑥)
電柱の周囲から割れ目発生



写真-5.7.7 (図-5.5.2の㉗)
 阪急電鉄 (東灘区西岡本4丁目)
 コンクリート擁壁に水平の亀裂が入り、
 外側へ傾く。



写真-5.7.8 (図-5.5.2の㉘)
 阪急電鉄 (東灘区西岡本4丁目)
 橋台部を除いて擁壁・盛土は全面撤去
 されている。



写真-5.7.9 (図-5.5.2の㉙)
 JR (東灘区田中町3丁目)
 石積み擁壁の倒壊のため盛土の崩壊を生じた。
 H型鋼・矢板による応急対策がとられている。



写真-5.7.10 (図-5.5.2の㉚)
 JR (東灘区御影町郡家)
 高架橋橋脚の座屈による破壊に伴い桁が地表近
 くまで落下した。上り線での被害がより大きい。



写真-5.7.11 (図-5.5.2の㉛)
 阪神電鉄 (東灘区住吉南町3丁目)
 擁壁中段の打継ぎ目より上部が外側へ傾いた。アン
 カーボルト、H型鋼での補強工が実施されている。



写真-5.7.12 (図-5.5.2の㉜)
 阪神電鉄 (東灘区御影石町3丁目)
 擁壁の前方への傾斜、一部倒壊がみられる。



写真-5.7.13 (図-5.5.2の㉓)
阪神電鉄(東灘区御影石町2丁目)
橋台部に生じたせん断亀裂(開口幅約40cm)。



写真-5.7.14 (図-5.5.2の㉔)
東部第2工区(東灘区御影浜町)
神戸製鋼線材置場、護岸背面地盤の亀裂陥没
激しい。



写真-5.7.15 (図-5.5.2の㉕)
東部第3工区(東灘区魚崎浜町)
徳山コンクリート、岸壁コーナ部の変状激しい。



写真-5.7.16 (図-5.5.2の㉖)
東部第2工区(東灘区住吉浜町)
日本大豆製油、荷揚げ用設備の損傷激しい。



写真-5.7.17 (図-5.5.2の㉗)
東部第3工区(東灘区魚崎浜町)
阪神サイロ、棧橋が陸側へ傾く。



写真-5.7.18 (図-5.5.2の㊸)
 東部第3工区(東灘区魚崎浜町)
 東リバーゲート、構造物周辺が2m程度陥没する。



写真-5.7.19 (図-5.5.2の㊹)
 東部第2工区(東灘区住吉浜町)
 全農サイロ、護岸背面の陥没により支持杭が露出している。

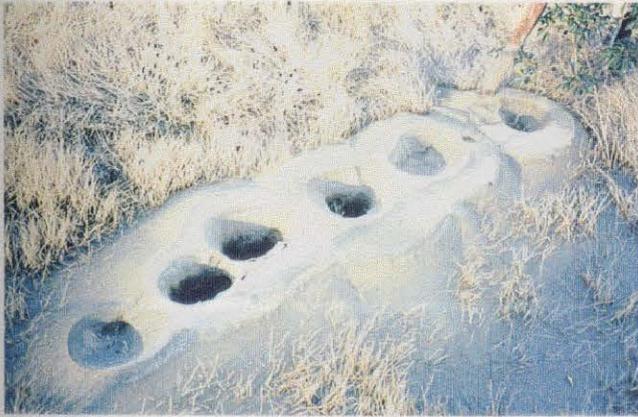


写真-5.7.20 (図-5.5.2の㊺)
 東部第3工区(東灘区魚崎浜町)
 川崎製鉄構内、液状化による噴砂孔。

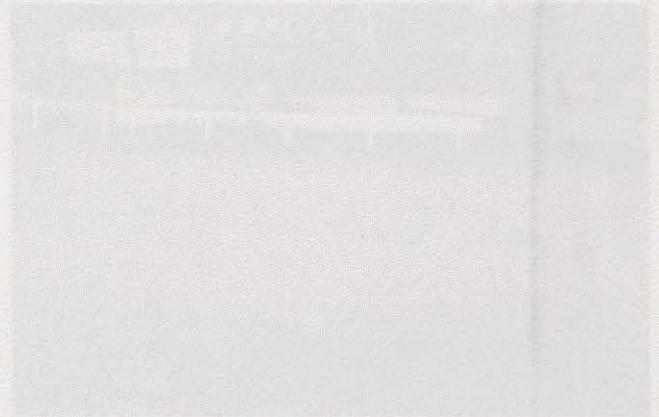


写真-5.7.21 (図-5.5.2の㊻)
 東部第1工区(東灘区住吉浜町)
 全農サイロ、護岸背面の陥没により支持杭が露出している。

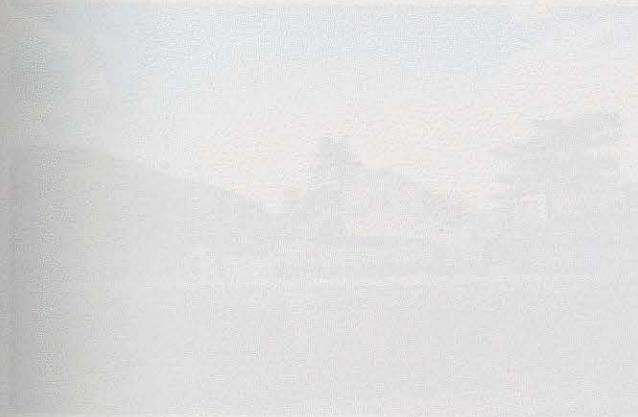


写真-5.7.22 (図-5.5.2の㊼)
 東部第3工区(東灘区魚崎浜町)
 川崎製鉄構内、液状化による噴砂孔。



写真-5.7.23 (図-5.5.2の㊽)
 東部第2工区(東灘区住吉浜町)
 全農サイロ、護岸背面の陥没により支持杭が露出している。

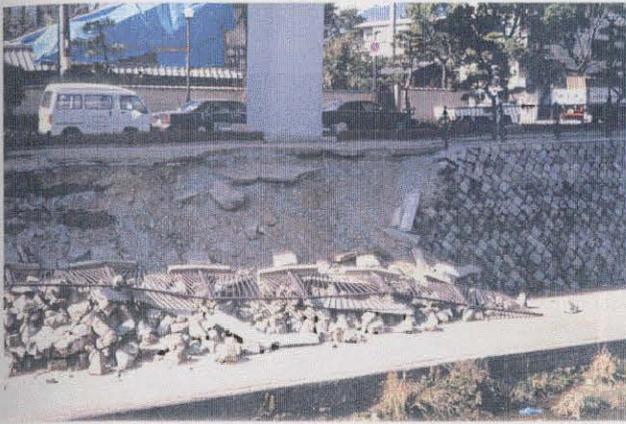


写真-5.8.1 (図-5.5.2の㉓)
住吉川の護岸石積み擁壁の崩壊



写真-5.8.2 (図-5.5.2の㉔)
住吉川の護岸 石積み擁壁の崩壊

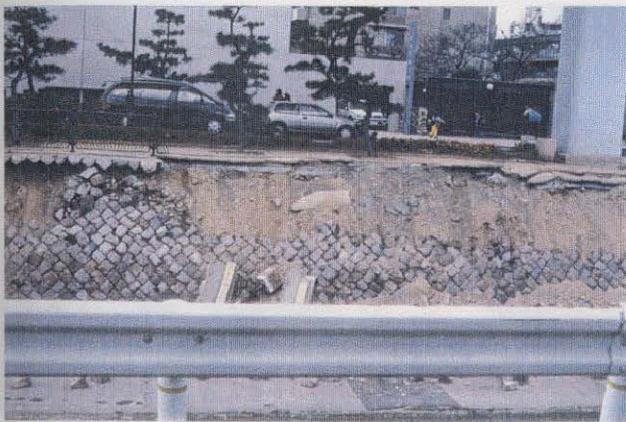


写真-5.8.3 (図-5.5.2の㉕)
住吉川の護岸 石積み擁壁の崩壊



写真-5.8.4 (図-5.5.2の㉖)
住吉川の護岸 石積み擁壁の上部の石
が僅かにはらみ出している。



写真-5.8.5 (図-5.5.2の㉗)
住吉川の護岸
石積み擁壁は変形していない。



写真-5.8.6 (図-5.5.2の㉘)
住吉川の護岸(白鶴堰堤の北、左岸)
石積み擁壁と段丘層・花崗岩の崩壊。

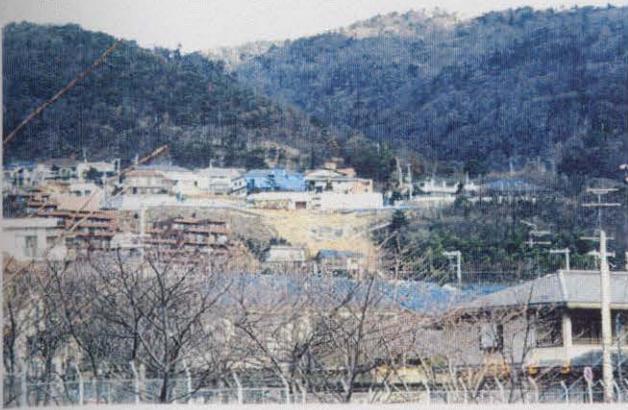


写真-5.8.7 (図-5.5.2の㉓)
西岡本の盛土の崩壊



写真-5.8.8 (図-5.5.2の㉔)
西岡本の盛土の崩壊
道路面に割れ目発生、低角のすべり面は
認められない。

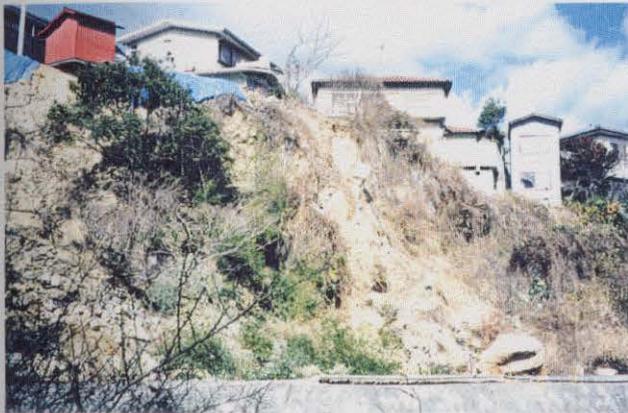


写真-5.8.9 (図-5.5.2の㉕)
住吉山手9丁目の大月川左岸で
段丘層の崩壊、巨礫の崩落。



写真-5.8.10 (図-5.5.2の㉖)
渦森台1丁目の大月川右岸
花崗岩の節理に沿う崩壊。



写真-5.8.11 (図-5.5.2の㉗)
住吉台の北の住吉川上流
花崗岩が節理・小断層に沿って崩壊している



写真-5.8.12 (図-5.5.2の㉘)
芦屋断層沿う花崗岩の断層破碎帯からなる崖
(岡本)で、コンクリート吹き付けが剥離。