

6. 神戸市灘区の被害状況

6. 1 概 要

6.1.1 地理的概要

灘区は神戸市の東から2番目に位置する行政区で、東側は東灘区、西側は中央区、北側は北区と接している。

神戸市全体が北側の六甲山地と南に広がる大阪湾の間に形成された南北幅約2～3kmの東西方向に延びる緩傾斜地に発展してきたため、道路、鉄道等の主なインフラが、この限られた幅の中で東西方向に並行しているのが特徴である。

灘区においても、鉄道は北から阪急神戸線、JR神戸線、阪神が、幹線道路は同じく山手幹線、国道2号、国道43号と阪神高速神戸線が並走している。

灘区は大きく3つの地域に分類できる。すなわち、北部を占める長峰山(687.9m)、摩耶山(702m)から連なる六甲山地、その南部の市街化の進んだ地域、そして臨海工業地帯および摩耶埠頭地域である。

灘区の六甲山地部と南部の緩傾斜地とは、地形的に明瞭な山地の“三角末端面”で境されている。そして、この明瞭な地形境界付近に「布引-大月断層」「諏訪山断層」「五助橋断層」(いずれもNE-SW系)の存在が知られている。

調査の対象地域は、主に市街化地域～臨海地域・摩耶埠頭であり、この地域は山麓部の標高約90m、臨海部標高約4mが示すように、北～南に傾斜した地形である。この地形は六甲山地から発生する河川によって形成された扇状地形成によって特徴づけられたものであり、現在も調査地東縁を成す石屋川、中央部の都賀川、西縁部近くの西郷川に代表される数本の河川がほぼ並行に北から南に流下している。

なお、長峰山南東麓一帯は開発が進み、六甲台、鶴甲、大月台、篠原台等の住宅地(標高100～200m)となっている。これらの開発で発生した土砂をもって海岸の埋立造成も行われ、現在神戸製鋼所をはじめとする臨海工業地帯と摩耶埠頭となっている。

6.1.2 地形概要

神戸市灘区周辺の明治時代前期の地形図¹⁾を図-6.1.1に示す。地形を大きく分けると以下の4つに大別することができる。

- ① 山 地
- ② 山地の尾根上平坦地
- ③ 扇状地性丘陵地
- ④ 海岸低地

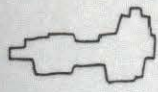





① 山 地

六甲山体の一部を構成するもので、急峻な山腹斜面を形成している部分であり、灘区の北半分がこれに相当する。地質的には六甲花崗岩、布引花崗閃緑岩等の基盤岩が主に分布している。

② 山地の尾根上平坦地

①の一部に見られる地形で、現在の鶴甲～篠原の尾根上に見られる。地質的には高位段丘層が分布している地域である。①との境界は漸移している部分も多いが、直線状でシャープな境界となっている所もあり、断層の存在も推定される。

凡例

-  町
-  河川
-  村落
-  地形区分
-  溜池
-  現在の市町村境

Th 高位段丘

Tm 中位段丘

Tr 低位段丘



凡例

-  町
-  河川
-  村落
-  地形区分
-  溜池
-  現在の市町村境

Th 高位段丘
 Tm 中位段丘
 Tl 低位段丘



図-6.1.1 神戸市灘区、明治17~23年の地形図¹⁾ (S = 1 / 20,000)



図-6.1.1 神戸市灘区、明治17~23年の地形図¹⁾ (S = 1/20,000)

③ 扇状地性丘陵地

① もしくは②の南側に分布するなだらかな傾斜を持つ丘陵地であり、標高5～120mに達する部分である。地質的には中位段丘層、低位段丘層が分布する地域である。中位段丘と低位段丘の境界は地形的にはあまり明瞭ではないが、標高50m付近より上側と下側で傾斜が若干異なり、上側がやや急で、下側がややゆるやかになっているため、標高50m付近に境界があると考えられる。

北側にある①、②との境界は直線状を呈しており、断層の存在が推定される。土地利用的には大部分が水田となっており、その間に集落が点在している。

この地域を流れる河川については、その流路は現在と大差がない。溜池が各所に点在していることも特徴的である。

④ 海岸低地

海岸低地は沖積層の分布域に相当する。標高5m以下の低地であり、灘区では新在家周辺に分布している。この部分は既に市街地化している。

6.1.3 地質概要

神戸市灘区周辺の地質平面図²⁾を図-6.1.2に示す。また、表-6.1.1に地質系統表²⁾を示す。これらの図表に示すとおり、神戸市灘区の地質は基盤岩として主に山地に分布する六甲花崗岩および布引花崗閃緑岩があり、その上を新生代第四紀の地層が覆っている。

表-6.1.1 地質系統表²⁾

| 地質年代 | | | 地質系統 | 主な地史 |
|------------------|------------------|-----------------------------|---|------------------|
| 新 生 代 | 第 四 紀 | 完新世 | 沖積層(a) | 被 覆 層 |
| | | 更新世 { 後期 { 中期 { 前期 | 低位段丘(Tl) 中位段丘(Tm) 高位段丘(Th) 大阪層群 { 上部亜層群(O ₃) { 中部亜層群(O ₂) { 下部亜層群(O ₁) | |
| 中 生 代 | 新 第 三 紀 | 鮮新世 | | 層 |
| | | 中新世 | 神戸層群 { 淡河累層 { 上部(Kou) { 下部(Kol) } 藍那累層(Kai) { 吉川累層 { 上部(Kyu) { 下部(Kyl) } 白川累層 { 上部(Ksu) { 下部(Ksl) } 多井畑累層(Kt) { 有野累層(Ka) | |
| 新 古 生 代 | | 白亜紀 | 六甲花崗岩(Rg) 土橋石英閃緑岩(Dq) 有馬層群 (Kgl, Tjt, Tht, Tzt) 布引花崗閃緑岩(Ng) | 基 盤 岩 類 |
| | | | 丹波層群(T) | |

これらの地質の特徴を以下に述べる。

六甲花崗岩、布引花崗閃緑岩は六甲山系の大部分を構成しており、新鮮部は硬質の岩盤である。六甲山体を形成している部分は全体に硬質であるが、山体の南側に分布している

ものは、深部まで風化が進んでいる。

大阪層群は良く固結した粘土，砂，礫を主体とする地層である。

高位段丘層は礫層を主体とする地層で，赤褐色に風化した層を挟むことが特徴である。

中位段丘層は礫層を主としており，扇状地性の段丘と言われている。

低位段丘層は神戸市街地の主要部を占めている。瀕海性の砂層でできていると考えられている。

沖積層は海成層と現在の河川による堆積物とに大別される。海成層は軟弱な粘土層を含むことを特徴としている。河川による堆積物は主に土石流が形成したもので，粗粒の礫層を主体とする。

これらの地質と地形との関係を見ると，以下のようなになる。

六甲花崗岩，布引花崗閃緑岩

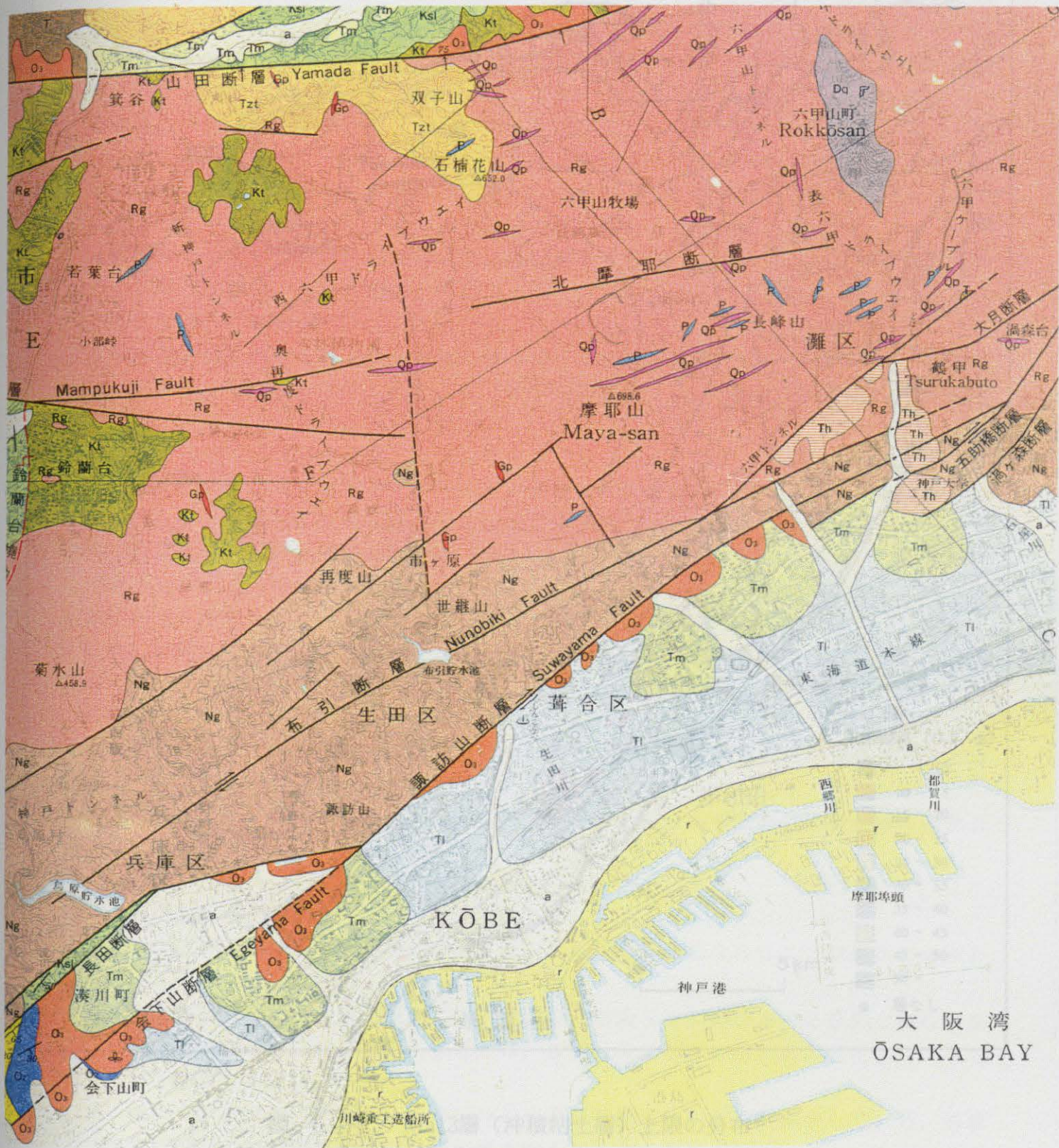
- …… 六甲山主部および周辺の丘陵地（鶴甲～高羽口）
- 大阪層群 …… 地表では山地の外周部にわずかに分布する。市街地の地下には厚く分布している。
- 高位段丘層 …… 標高 120～180mの平坦地（高位段丘面）を形成して分布する。鶴甲団地の西側から神戸大学にかけてと，大月台～篠原伯母野山町にかけて分布する。
- 中位段丘層 …… 標高50～100mの平坦地（中位段丘面）を形成して分布する。大抵的には阪急神戸線の北側に分布する。北側の境界は六甲山塊，高位段丘層分布域になる。
- 低位段丘層 …… 灘区の河川沿いを除く主要市街地の大部分はこの層が分布する。南限は国道43号付近となっている。
- 沖積層 …… 河川沿いの低地と国道43号線より南側の海岸沿いで，標高4m以下の低地に分布する。図-6.1.3にはMa13層の下面（沖積粘土の下面）の標高³⁾を示している。同図によれば，Ma13層は灘区では海岸沿いの埋立地を除けば，ほとんど分布していないことを示している。

灘区の主要地質構造は断層構造がある。断層構造は山地と丘陵部の境界に集中しており，北より大月断層，布引断層，諏訪山断層，五助橋断層，渦ヶ森断層と呼ばれている。これらの断層は東北東-西南西方向に平行～雁行状に配列しており，いずれも第四紀層を切る活断層とされている。

6.1.4 地震被害の概要

今回の兵庫県南部地震により発生した被害は，人命はもとより，建築物，土木構造物，ライフラインから自然斜面に至るまで，広い範囲の人・モノに甚大な被害を与えた。しかし，その被害の程度や分布に関しては，必ずしも“広い範囲”とは言いがたく，特徴的な現象（事実）が見られる。

今回の灘区内の調査において対象とした建築物（RC造，木造），鉄道・道路（高架橋を含む），河川護岸等，および港湾施設の被害程度から，その特徴の概要を述べる。なお，各構造物毎の被害状況，分布は後で詳しく述べる。



- | | | |
|---------|------------|-----------------------|
| r : 埋立地 | Tl : 低位段丘層 | O ₃ : 大阪層群 |
| a : 沖積層 | Tm : 中位段丘層 | Rg : 六甲花崗岩 |
| | Th : 高位段丘層 | Ng : 布引花崗閃綠岩 |

図-6.1.2 灘区周辺の地質平面図²⁾ (S = 1 / 50,000)

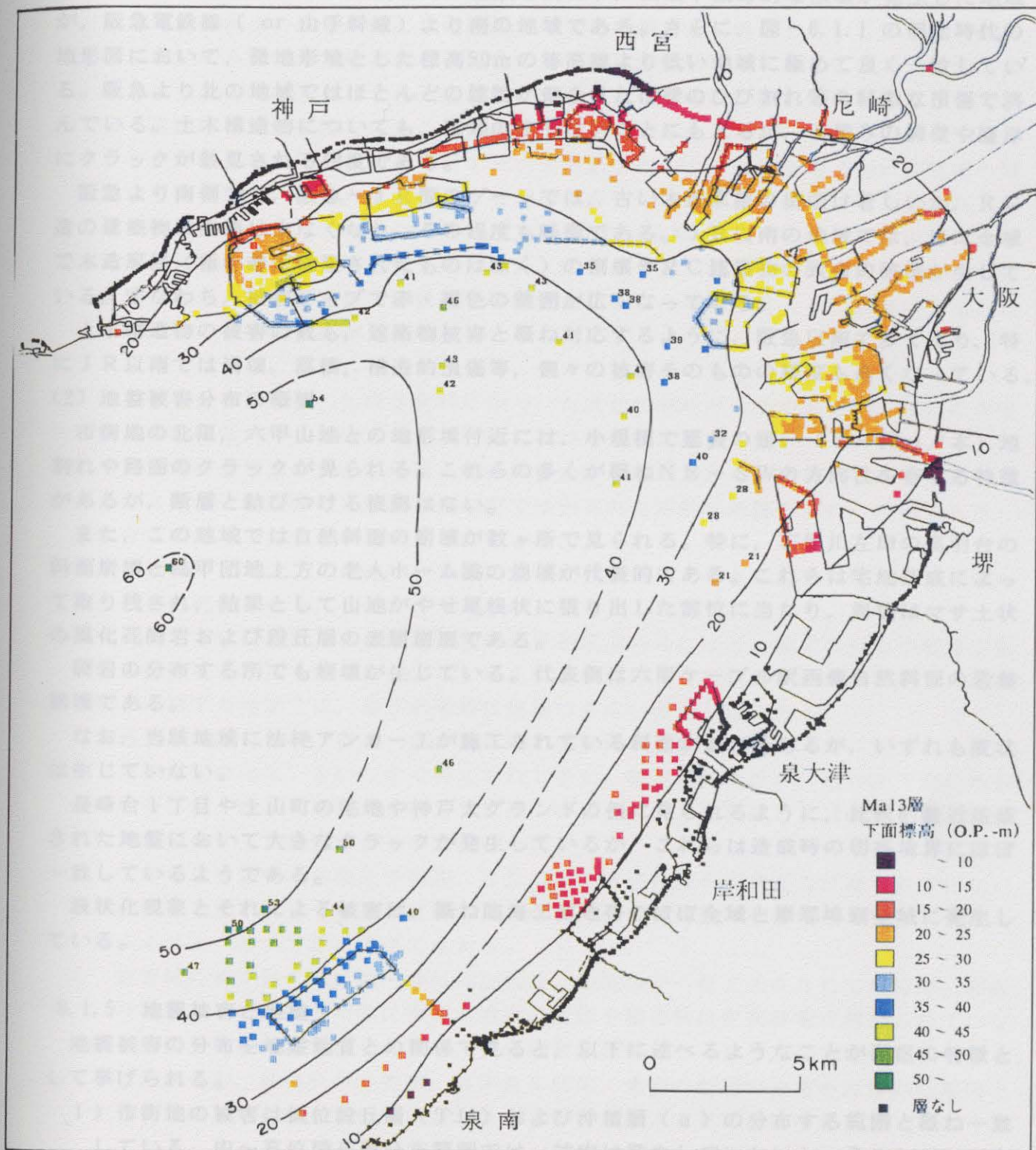


図-6.1.3 Ma13層（沖積粘土層）上限の分布³⁾

(1) 構造物被害分布の概要

被害の分布を概括すると、構造物の種類を問わず、倒壊や致命的な損壊が発生した地域が、阪急電鉄線（or 山手幹線）より南の地域である。さらに、図-6.1.1の明治時代の地形図において、微地形境とした標高50mの等高線より低い地域に極めて良く一致している。阪急より北の地域ではほとんどの建物が健全または壁のひび割れ等の軽微な損傷で済んでいる。土木構造物についても、種類のすくないことにもよるが、石積みの擁壁や護岸にクラックが散見される程度である。

阪急より南側でも、阪急～JR間のゾーンでは、古い木造家屋の倒壊は著しいが、RC造の建築物の損傷は少なくなり、その程度も軽微である。JR以南の地域では、ほぼ全域で木造家屋（極く最近建築されたものは除く）の倒壊やRC建築物の致命的破壊が生じている。すなわち、被害マップで赤・橙色の範囲が広がっている。

土木構造物の被害の数も、建築物被害と概ね対応するように、阪急以南で多くなり、特にJR以南では崩壊、落橋、構造的損傷等、個々の被害そのものの程度も高くなっている。

(2) 地盤被害分布の概要

市街地の北限、六甲山地との地形境付近には、小規模で延長の短い（3～10m/本）地割れや路面のクラックが見られる。これらの多くが概ねNE-SWの方向性を有する特徴があるが、断層と結びつける根拠はない。

また、この地域では自然斜面の崩壊が数ヶ所で見られる。特に、石屋川左岸の高羽台の斜面崩壊と鶴甲団地上方の老人ホーム脇の崩壊が代表的である。これらは宅地造成によって取り残され、結果として山地がやせ尾根状に張り出した部位に当たり、崩壊はマサ土状の風化花崗岩および段丘層の表層崩壊である。

硬岩の分布する所でも崩壊が生じている。代表例は六甲ケーブル駅西側自然斜面の岩盤崩壊である。

なお、当該地域に法枠アンカー工が施工されている斜面が数ヶ所あるが、いずれも変状は生じていない。

長峰台1丁目や土山町の宅地や神戸大グラウンドの例に見られるように、比較的最近造成された地盤において大きなクラックが発生しているが、これらは造成時の切盛境界にほぼ一致しているようである。

液状化現象とそれによる被害は、概ね臨海工業地帯のほぼ全域と摩耶埠頭全域に発生している。

6.1.5 地震被害と地盤

地震被害の分布を地盤地質との関係で見ると、以下に述べるようなことが灘区の特徴として挙げられる。

- 1) 市街地の被害は低位段丘層（T1）および沖積層（a）の分布する範囲と概ね一致している。中～高位段丘層分布範囲では、被害は発生していないか、発生していても極めて軽微である。
- 2) 特に土木構造物は、これら地層の分布境界付近に著しい被害が集中している。当該地区において地層境界は、微地形境界と読み変えても良い。
- 3) 山麓部に見られるキレッツや崩壊は、布引断層と諏訪山断層に挟まれた範囲の造成地

内に集中している。また、渦ヶ森断層上の切土盤および自然斜面にもキレツ、崩壊の集中がある。

一方、山腹斜面の崩壊は主に地域北東部の大月断層付近に集中している。これら断層の存在が知られている範囲は、本質的にその地質が脆弱化していることが、被害を集中させた要因であろう。また、造成地については地質構造的な素因を考えるよりも、切・盛境界に変状が出ていることに注目すべきであろう。

- 4) 石屋川～都賀川間の被害、特にJR六甲道駅を中心とした半径約500mの範囲の被害程度の差については、上述のような地層分布や地形の単純な違いだけでは説明できない。大局的な地層(Formation)としては、低位段丘層(T1)の分布する範囲ではあるが、局所的には各々の地盤土層の違い、すなわち図-6.1.6⁴⁾に示されるような扇間堆積物である砂質地盤か扇状地堆積物である砂レキ地盤かによって被害の分布と程度に差がでたものと推測される。

以上、1)～4)で述べた既存資料に基づいた定性的判断が可能であるが、さらに今回の地震被害を特徴づける要因として、次のことが考えられる。

- ① 当該地の基盤あるいは固結層上面は六甲山から海に向かって概ね単傾斜しており、このような(地震動の)基盤条件の所では限られた範囲に地震の揺れが増幅される“なぎさ現象”が生ずることが知られている。

当該地については、JR線～43号線に挟まれた範囲に“なぎさ現象”による地盤動があったと推測される。

- ② 地盤および構造物、または建築物の地震動応答特性により、被害の分布や程度が影響されることは良く知られている。さらに、今回のように $M > 7.2$ の直下型で、鉛直動が卓越する地震では、地下水挙動は無視できない要素と思われる。

地下水に関しては、従来(水平動卓越)地震時の地盤液状化のメカニズムにおいて“間隙水圧の発生”という形で考えられてきた。鉛直動の大きい、且つ直下型の地震の場合には、海溝型地震における“津波”のメカニズムと類似した現象が“地下水動”にも発生する可能性があるのではないか？

この考えを裏付ける現象や報告、または地下水条件は今回調査では得られていないが、ポートアイランド2期埋立地で見られた“噴レキ現象”を液状化(噴砂)メカニズムとは違う視点で捉える考えもある。

- ③ 被害域の集中性と活断層—特に伏在断層—の関係が一部で云々されているが、灘区についてはこの関係を明瞭に物語る地盤の変位や構造物の変状被害は認められていない。山腹や山麓の被害についても、その地質が脆弱であったり、切盛境の変状である。

したがって、被害分布の特徴、集中性を既知、未知の断層の分布を直接的な要因とするよりは、地震動と地質・構造物の応答特性の観点で考えるほうが妥当であろう。

凡 例

- r : 埋立地
- a : 沖積層
- Tl : 低位段丘層
- Tm : 中位段丘層
- Th : 高位段丘層
- O3 : 大阪層群
- Rg : 六甲花崗岩
- Ng : 布引花崗閃綠岩



圖 1-1-1 大阪府中之部地質圖

- 凡 例
- r : 埋立地
 - a : 沖積層
 - TL : 低位段丘層
 - Tm : 中位段丘層
 - Th : 高位段丘層
 - O3 : 大阪層群
 - Rg : 六甲花崗岩
 - Ng : 布引花崗閃綠岩



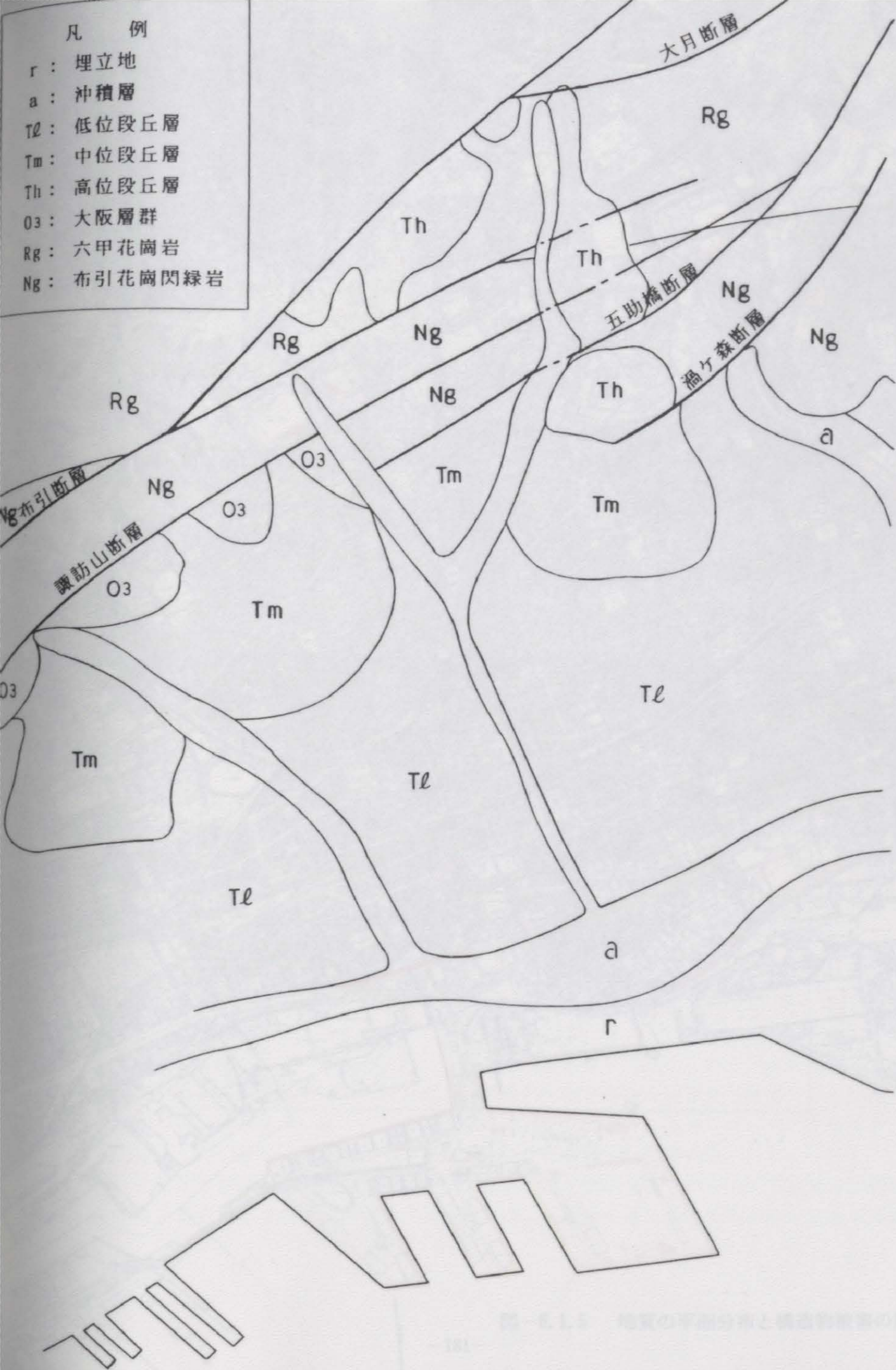
図-6.1.4 地質の平面分布と建物被害の関係



図-6.1.4 地質の平面分布と建物被害の関係

凡 例

- r : 埋立地
- a : 沖積層
- Tl : 低位段丘層
- Tm : 中位段丘層
- Th : 高位段丘層
- O3 : 大阪層群
- Rg : 六甲花崗岩
- Ng : 布引花崗閃綠岩



凡 例

- r : 埋立地
- a : 沖積層
- Te : 低位段丘層
- Tm : 中位段丘層
- Th : 高位段丘層
- O3 : 大阪層群
- Rg : 六甲花崗岩
- Ng : 布引花崗閃綠岩



図-6.1.5 地質の平面分布と構造物被害の関係



図-6.1.5 地質の平面分布と構造物被害の関係

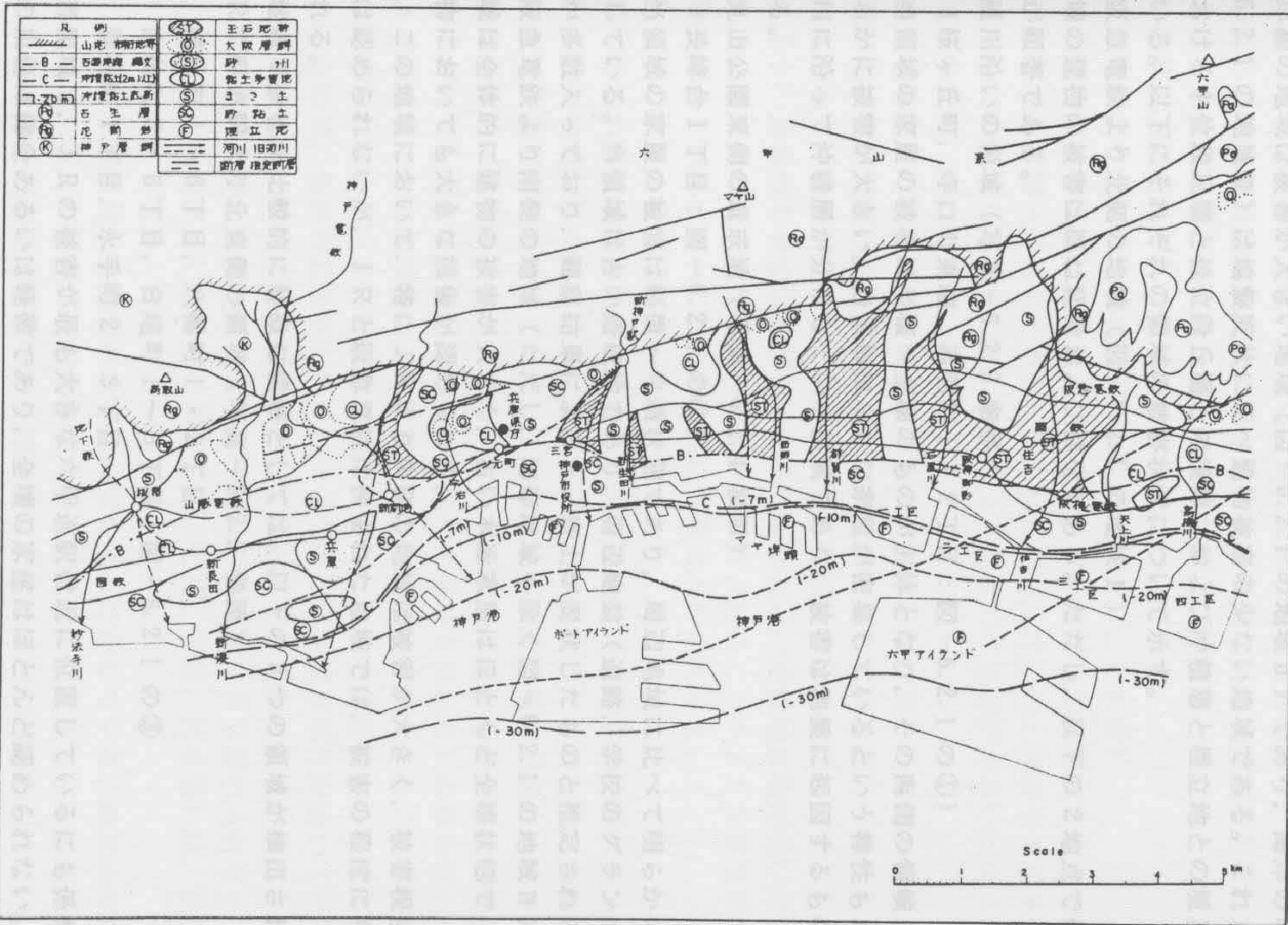


図-6.1.6 神戸市街地・地盤概要図¹⁾

6. 2 建物の被害状況

図-6.2.1には家屋被害状況分布図を示している。灘区の家屋の被害の程度を平面的に見ると、東西に走る阪急電鉄、摩耶埠頭を含む海岸沿いを境として、大きく3分することができる。阪急電鉄より北側は被害の少ない地域(図-6.2.1の地域Ⅰ)で、阪急電鉄から旧海岸線の地域は被害が大きい地域(図-6.2.1の地域Ⅱ)であり、海岸の埋立地周辺(図-6.2.1の地域Ⅲ)は地盤変状に比べ建物被害の少ない地域である。これらの境界は灘区における中位段丘層と低位段丘層との境界、および沖積層と埋立地との境界にほぼ一致している。以下にそれぞれの領域の被害状況について示す。

(1) 阪急電鉄より北側の地域(図-6.2.1の地域Ⅰ)

当領域の建物の被害は概ね軽微および健全である。ただし、以下の2地点で他の領域より被害が顕著である。

① 石屋川沿いの領域(写真-6.2.3参照)

{桜ヶ丘町, 寺口町東端, 高羽町1・2丁目: 図-6.2.1の①}

当領域の家屋の被害は半壊～全壊のものが主体となり、その西側の領域と比較して、明らかに被害が大きい。当領域は小さな家屋が密集しているという特性もあるが、石屋川に沿って沖積層が分布している領域であり、被害は地盤に起因するものと判断される。

② 灘丸山公園東側の造成地(写真-6.2.4参照)

{長峰台1丁目: 図-6.2.1の②}

当領域の家屋の被害は軽微～半壊状態であり、周辺地域に比べて明らかに被害が密集している。当領域は古い造成地であり、周辺地盤(道路, 学校のグラウンド)にも亀裂が多数入っており、観察結果によると、盛土が変状したものと推定される。

(2) 阪急電鉄より南側の地域(ただし、海岸地域を除く図-6.2.1の地域Ⅱ)

当地域は全体的に建物の被害が大きく、古い木造家屋はほとんど全壊状態で、鉄筋or鉄骨建築物においても大きな損傷が認められる。

また、この地域において、特にJRより南側の地域は被害が大きく、被害程度に明確な地域差は認められないが、JRと阪急電鉄に挟まれた地域では、被害の程度に明確な差が認められる。

この地域で被害が比較的に軽微な領域としては、以下の3つの領域が抽出される。

③ JR六甲道駅より北東側の領域(写真-6.2.5参照)

楠丘町4～6丁目, 八幡町1・2丁目

高德町5・6丁目, 日尾町1～3丁目: 図-6.2.1の③

森後町1丁目, 永手町2・3丁目

当領域は、JRの被害が最も大きな六甲道駅付近に位置しているにも係わらず、家屋の損傷は健全あるいは軽微であり、全壊の家屋はほとんど認められない。当領域においては、鉄筋or鉄骨の建築物が他の地域に比べて多く集中しており、この影響によることも想定されるが、木造家屋においても損傷は軽微である。

地質平面図によると、当領域は中位段丘層が南側まで張り出している領域で、その分布形状と被害が軽微な領域とはほぼ一致しており、地盤が比較的良好であったために被害が少なかったものと考えられる。

④ J R と山手幹線の間都賀川沿いの領域（写真－6.2.6 参照）

上河原通 4 丁目，千旦通 4 丁目

泉通 1・2 丁目，灘北通 1 丁目：図－6.2.1 の④

当領域における家屋は，ほとんど健全な状態である。当領域の地盤はその周辺地域と同様に低位段丘層である。当領域は最近実施された区画整理のため，一戸建て・集合住宅ともに新築建築物が集中しており，他の地域に比べて建築物の耐力が大きかったため，被害が軽微であったものと推定される。

⑤ J R 灘駅北口付近

{城内通 2～5 丁目，灘北通 7～10 丁目：図－6.2.1 の⑤}

当領域の家屋の損傷は，健全あるいは軽微である。当地域は駅前という立地条件より，小規模な 3 階～5 階建ての R C 建築物が密集している。調査中の感覚的なものであるが，このような小規模の R C 構造物は，比較的被害が小さい傾向にあるものと想定された。

(3) 摩耶埠頭を含む海岸沿いの地域（写真－6.2.7 参照，図－6.2.1 の地域Ⅲ）

当地域の建築物は半壊状態のものもあるが，健全なものも多く認められる。当域はほとんど埋立地であり，護岸の崩壊 or 沈下が顕著に発生している地域である。この地盤変状に比較すると，建築物の被害は軽微なものと判断される。当地域は海岸沿いであることから，建築物は R C および鉄骨建築物の倉庫が大半を占める。このような建築物の被害は，被害が顕著である地域においても，比較的軽微なものであった。

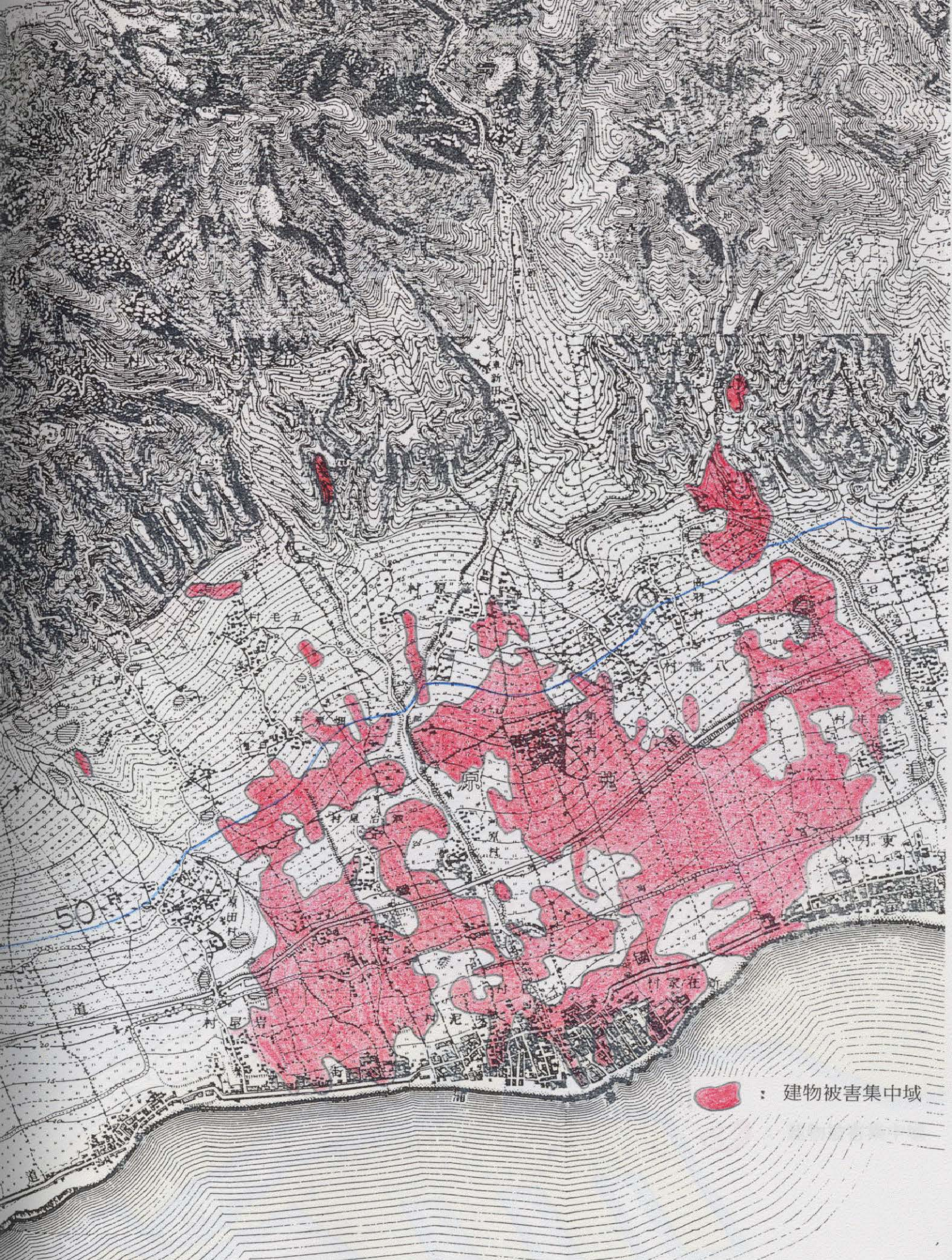
以上述べたとおり，灘区の建物の被害の大きい地域は海岸から約 500m の位置より北側の幅約 1.5km の地域に集中しており，気象庁発表による震度 7 の分布域に概ね一致しているが，かなり複雑な形状を示している。この原因としては，建物の新旧，構造の相違，地域的な地盤の違いによるものであると考えられる。木造家屋は全体的に古い家屋において被害が顕著であり，新しい家屋（目視による判断で築後 5 年以内）の損傷は，被害が集中している地域においても軽微である（写真－6.2.1 参照）。また，R C あるいは鉄骨建築物は，木造家屋に比べるとその被害は軽微であるが，これらの建物のうち大きな被害が発生しているものは，統計的に処理したものではないが，①建築年代が古い（昭和 56 年都市計画図に記載されているもの），②1 階が駐車場あるいは店舗となっており，構造的に弱部を有している建築物，③5～7 階建ての中規模の建築物に多く認められる（写真－6.2.2 参照）。また，学校あるいは公共の集合住宅（公団，市営，社宅等）は，被害が軽微である。

図－6.2.2 は旧地形図¹⁾と被害の大きな地域を重ねて示している。地形との関係を見ると，標高的に 50m 以下の平野部で旧海岸線の間，地表面の傾斜 5° 以下の地域に集中する傾向にある。この中でも主要河川の中上流域では少ない傾向にある。

図－6.2.3 は地質平面図²⁾と被害の大きな地域を重ねて示している。これを見ると，建物の被害は低位段丘層と沖積層の分布域に集中していることがわかる。もう少し詳しく見ると，情報が少なく明瞭でないが，主要河川の間で表層にゆるい砂，ゆるい礫，軟弱な粘性土が分布する地域で被害は大きく，主要河川の流域で転石，玉石，礫が分布している所では被害は少ない傾向にある。



图-6.2.1 家屋被害状况分布图 (S = 1 / 20,000)



：建物被害集中域

図-6.2.2 明治前期の古地形と建物被害集中域¹⁾に加筆 (S = 1 / 20,000)

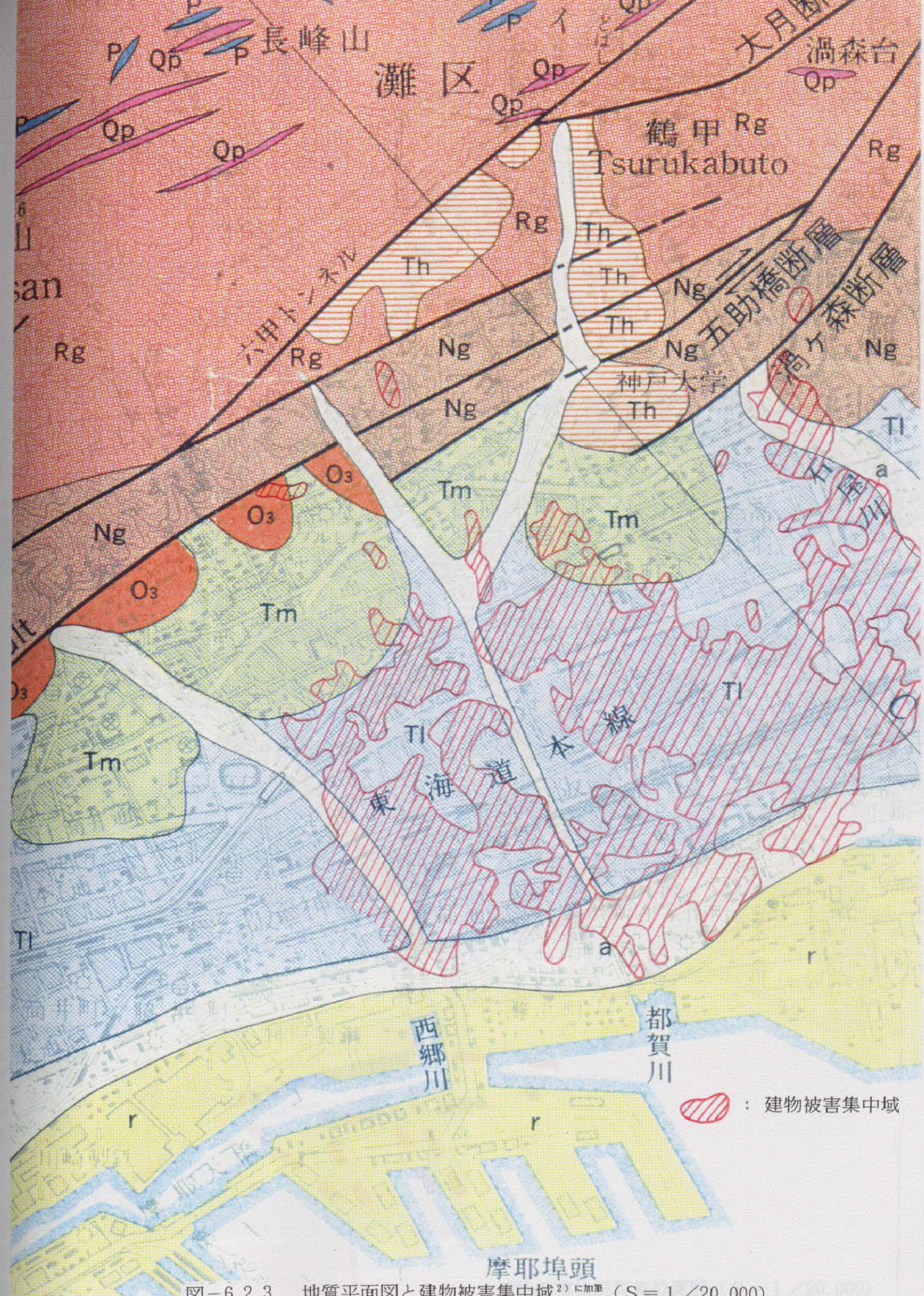


図-6.2.3 地質平面図と建物被害集中域²⁾に加筆 (S = 1 / 20,000)



图-6.2.4 建筑物被害状况写真位置图 (S = 1 / 20,000)



写真-6.2.1 友田町2丁目の木造家屋の被害状況(図-6.2.4の①)
古い木造家屋は全壊状態であるが、新しい家屋は
損傷が軽微である。



写真-6.2.5 八幡町1丁目の家並(図-6.2.4の⑤)
ほとんど被害は認められない。



写真-6.2.2 城内通1丁目のビルの損害状況(図-6.2.4の②)
中央の2つのビルは1階部分が倒壊している。
両ビルともに1階部分が駐車場となり、建築時期も
昭和56年以前である。左右のビルは新しいため健全。



写真-6.2.6 泉通1丁目付近の家並(図-6.2.4の⑥)
最近実施された区画整理のため、建物は新築の
ものが多く、被害はほとんど認められない。



写真-6.2.3 寺口町東部の家屋の被害状況(図-6.2.4の③)
石屋川沿いの沖積層分布域に位置し、古い木造家屋
は半壊~全壊状態である。



写真-6.2.7 摩耶埠頭内の道路および建物(図-6.2.4の⑦)
道路は非常に大きな段差が発生しているが、建物の
被害はそれに比べると軽微である。



写真-6.2.4 長峰台1丁目の家屋の被害状況(図-6.2.4の④)
壁と瓦の破損が大きく、周辺の道路にも多くの
クラック、段差が発生している。



写真-6.2.8 桜ヶ丘町 グランドパレス高羽 (図-6.2.4 の㉔)
壁に圧縮性のクラックが多数発生している。



写真-6.2.11 桜ヶ丘町南部の集合住宅 (図-6.2.4 の㉕)
北棟1F部分が圧壊し、大きく傾斜している。



写真-6.2.9 高徳2丁目 (図-6.2.4 の㉖)
木造家屋は全壊状態である。



写真-6.2.12 J R六甲道駅前 (図-6.2.4 の㉗)
勤労市民センタービル。
窓ガラスが多数破損した。



写真-6.2.10 森後町2丁目 (図-6.2.4 の㉘)
5階建てのビル。
2階部分が圧壊している。



写真-6.2.13 大石東町1丁目 北東角 (図-6.2.4 の㉙)
家屋は全壊状態である。



写真-6.2.14 新在家南町1丁目 (図-6.2.4 の㉚)
六甲総合住宅公園。
新築住宅のため、被害は認められない。



写真-6.2.15 大石東町3丁目(図-6.2.4の⑮)
大丸澆配送センター。
背後のビルが倒壊している。



写真-6.2.18 澆南通1丁目(図-6.2.4の⑱)
大石川サニーハイツ。
1階部分が圧壊。



写真-6.2.16 六甲町2~3丁目(図-6.2.4の㉑)
木造家屋の倒壊が顕著である。



写真-6.2.19 上野通7丁目(図-6.2.4の㉒)
古い家屋は倒壊しているが、新しい家屋は被害が少ない。



写真-6.2.17 千旦通り3丁目(図-6.2.4の㉓)
S構造4Fのビル。
倒壊している。



写真-6.2.20 岩屋中町1丁目(図-6.2.4の㉔)
神戸製鋼所、岩屋総合事務所。
右側の部分が被害大。

6. 3 道路、鉄道、港湾の被害状況

6.3.1 道路の被害状況

(1)一般道路（高架橋部、摩耶埠頭内を除く）

灘区の主要道路は、東西に走る国道43号線、国道2号線、主要地方道長田楠日尾町線（山手幹線）、主要地方道山麓線と、これらの道路を南北に結ぶ道路である。これらの道路は、河川沿いを除くと、ほとんど平面道路である。

道路に見られるクラック、段差、沈下（陥没）等について調査を実施した。家屋の被害が顕著である領域の国道43号線、国道2号線においては、他の道路に比べて道路面にクラックが多く発生しているが、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認められない。

道路の変状が顕著に認められる領域は、付帯構造物として擁壁・護岸がある地点である。以下にその主要地点の変状の特徴を示す。

①岩屋川沿いの堤防上の道路（写真－6.3.1 参照）

岩屋川の堤防上の道路では、阪急電車とJR線間の約600mの区間でクラック、段差が多く発生しており、特に河川と反対側の擁壁・石積み等に変状が多く認められ、反対方向にすべりが発生し、道路に変状が発生したものと判断される。

②山手幹線と石屋川との交差点部（写真－6.3.2 参照）

当地点には山手幹線の両側に高さ7～8m程度の擁壁があり、この擁壁が完全に傾斜して、路肩部に50cm程度の沈下が発生している。車線内にも補修跡があり、段差が発生していたものと推定される。

③ JR灘駅付近のJR横断橋（灘橋）の進入路（写真－6.3.3 参照）

JR横断橋（灘橋）は、特に損傷は認められなかったが、南口からの進入路の擁壁が傾斜し、クラック、継ぎ目のズレが多く発生している。なお、調査時点では同橋部は危険な状態のため、全面通行止めであった。

④ 灘北通7丁目のJR沿いの道路（写真－6.3.4 参照）

当道路はJRの山手側に沿う道路で、JRとの境界部に擁壁（高さ約5m程度）がある。調査時点では道路のセンターに幅1.0～1.5m程度の補修跡が約100mの区間に渡って認められ、擁壁が変位し、道路センターに段差が発生したものと推定された。

以上示してきたものは、道路の付帯構造物の擁壁の変状に伴う道路の変状であるが、この他の被害としては、阪神電鉄西灘駅付近の国道2号線と国道43号線との交差点における広い範囲の道路の沈下が挙げられる（写真－6.3.5、6.3.6）。当領域においては、調査時点で補修工事がすでに実施されており、正確な範囲および沈下量は推定できなかったが、歩道の沈下も認められ、この沈下量は最大55cmに達していた。これは地盤の液状化によるものと推定される。なお、この領域は西郷川に沿った沖積層に位置する。

(2)高架道路および橋梁

調査地域の高架道路および橋梁は、国道43号岩屋陸橋、阪神高速3号神戸線およびハーバーウェイである。3号神戸線は新在家交差点（調査地域東部）から大石交差点（都賀川）の区間が43号線上の高架である。地盤区分で見ると、国道43号線はちょうど低位段丘層と沖積層の境にあたる。ハーバーウェイは神戸製鋼所北側の旧海岸線付近を通り、都賀川河



図-6.3.1 灘区道路の被害状況概要

口から摩耶埠頭に渡り神戸港に到る道路で、埋立て地を通る。これらの構造物には落橋、橋脚の傾斜損傷、橋桁のずれ等の被害が出ている。

① 国道43号線岩屋陸橋

国道43号の終点となる岩屋交差点の陸橋では、落橋、鋼橋脚の座屈、RC橋脚の倒壊が生じている。この陸橋は調査の時点ですでに撤去されていた（写真-6.3.7）。

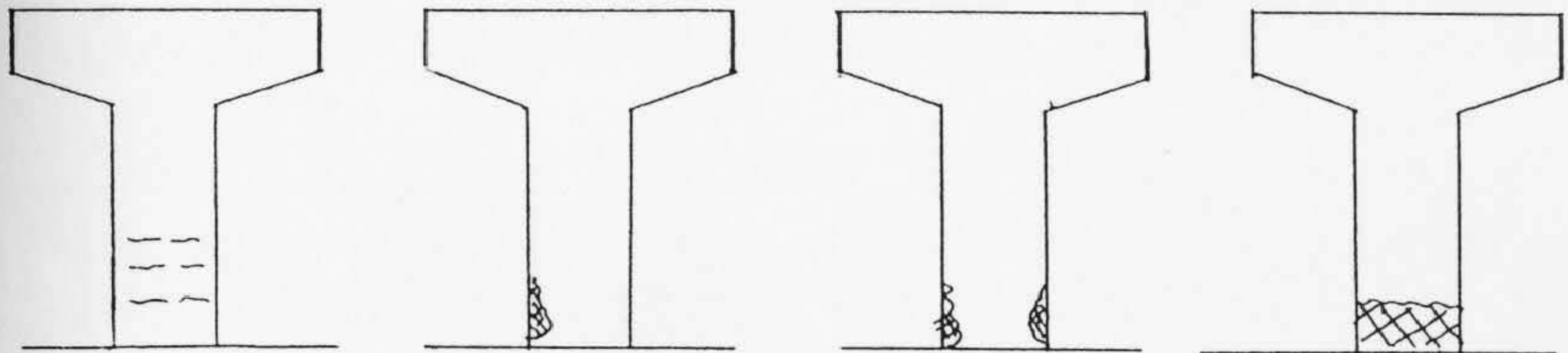
② 阪神高速道路3号神戸線

a. 落 橋

本線部での落橋はないが摩耶ランプ西約500mにある非常駐車帯拡幅部が落ちている（写真-6.3.8）。拡幅部は2本の鋼製橋脚に支えられていたが、橋脚に傾斜や折損は生じていない。

b. 橋脚の被害

一脚型と門型の橋脚があるが、43号線上の高架部は一脚型である。被害は一脚型のコンクリート製橋脚のほとんどに生じている。その状況は図-6.3.2に示すようで、いずれも修復可能な被害である。西の43号線から分かれ南行する区間では門型の橋脚となっており被害は出ていない。



①小さい水平クラック ②北側下部の剥離 ③南北下部の剥離 ④全周の下部の剥離
（交差点のスパン大の箇所）

図-6.3.2 3号神戸線の橋脚の被害

④の被害は交差点部の支間の大きい橋脚に多く見られ、応急に鋼材で支えられているが橋脚自体の傾斜は生じていない。③、④の被害橋脚では地盤との間に隙間が見られた。

c. 橋桁のずれ

橋桁のずれは調査地域東部の新在家交差点付近で北（山側）へ10~20cm程度、大石交差点（都賀川）付近で北へ50cm程度である。ズレが見られた箇所は④の被害橋脚の箇所と一致する。その他、踏の破損、目地の開き、落橋防止用連結部材の破損が見られた。

③ ハーバーウェイ

ハーバーウェイは摩耶埠頭と神戸港第8突堤を結ぶ第二摩耶大橋が1975年（S50）に、東の灘浜東町を結ぶ灘浜大橋が1992年（H4）に完成している。摩耶埠頭内と神戸製鋼所北側の区間は完成間のない新しい構造物である。高架の形式は両地域で変わらないが被害は液状化が顕著であった摩耶埠頭に集中している。

a. 橋脚の被害

摩耶埠頭内の橋脚の形式は門型と一脚型がある。一脚型では上下2車路となった形

式の橋脚に被害が集中し、6脚のうち5脚が被害を受けている（写真-6.3.9）。しかし、上下車線が分離している一脚型の橋脚は無被害であった。この他、門型橋脚では一部の橋脚の根本部分に、また、第二摩耶大橋の中央スパンの東側橋脚では段落とし部分に被害を受けている。

b. 橋桁のずれ

橋桁には摩耶埠頭東部の灘浜大橋の接続部で灘浜大橋側が南東へ50cm程度、摩耶埠頭西部の料金所付近の高架部で北側へ50cm程度のズレが見られた。

c. 橋脚部の液状化

摩耶埠頭では液状化により地盤全体が沈下しているのに対して、橋脚は沈下しないので周辺の地盤には50cm程度の不陸が生じている。一方、神戸製鋼所北側の下に平行して走る道路では、橋脚の位置に対応する沈下がみられ、橋脚の震動が周辺地盤の液状化を助長させたと考えられる区間があった。

④ 摩耶大橋

摩耶大橋は第2摩耶大橋の北側に平行して架かる斜張橋で、1966年（S41）に完成している。摩耶大橋は斜張橋の主塔が被害を受け北側へ傾き、桁もずれている。また、摩耶埠頭からのアプローチ部には大きな陥没や不陸が生じている（写真-6.3.10）。



图-6.3.3 道路被害状况写真位置图 (S = 1 / 20,000)



写真-6.3.1
石屋川堤防上の道路の段差(図-6.3.3の①)
石屋川堤防上の道路はクラック、段差が多数発生している。



写真-6.3.4
灘北通7丁目のJ R沿いの道路補修跡(図-6.3.3の④)
道路センターに幅1.0~1.5m程度の補修跡が約100mの区間に渡って認められ、J R側の擁壁が変位し、道路センターに段差が発生したものと推定される。



写真-6.3.2
山手幹線と石屋川との交差点部の擁壁の傾斜(図-6.3.3の②)
路肩部が沈下し、擁壁天端との隙間は30cmに達している。道路にも補修跡が認められる。



写真-6.3.5
国道2号線西灘交差点付近の道路補修跡(図-6.3.3の⑤)
中央分離帯が沈下しており、道路が液状化により沈下したものと推定される。



写真-6.3.3
J R横断橋(灘橋)の南口進入路(図-6.3.3の③)
擁壁が傾斜し、クラック、継ぎ目のズレが多数発生している。道路面は波打っている。(調査時点は完全に通行止め)



写真-6.3.6
国道2号線西灘交差点付近の歩道の沈下(図-6.3.3の⑥)
歩道部が最大55cm沈下している。

地震の被害状況

震害区域内には北側より直交する、十分な幅に阪神電鉄の地下鉄線が東西方向に貫通している。以下にこれらの鉄道施設の被害状況を調査した。



写真-6.3.7 岩屋陸橋の撤去後の状況(図-6.3.3の⑦)



写真-6.3.10 摩耶大橋アプローチ部の被害状況(図-6.3.3の⑩)
大きな陥没や不陸が生じている。正面の主塔は北側へ傾いている。



写真-6.3.8 非常駐車帯拡幅部の落橋(図-6.3.3の⑧)
(阪神高速3号神戸線摩耶ランプ西500m)



写真-6.3.11 阪神高速3号神戸線 新在家南町1-2(図-6.3.3の⑪)
歩道橋上より見た神269橋脚の踏座。
右側の踏座は隙間が開いている。排水管がぐい違っているのがわかり、桁は北側へ30cm程度ずれている。



写真-6.3.9 ハーバーウェイの橋脚の被害〔摩耶埠頭〕(図-6.3.3の⑨)
被害は上下2車路で一脚型の橋脚に見られる。
表面のコンクリートが剥離し、せん断破壊している。



写真-6.3.12 阪神高速3号神戸線 新在家南町5-12(図-6.3.3の⑫)
神289橋脚の破損状況。

6.3.2 鉄道の被害状況

灘区内には北側より阪急電鉄、JRならびに阪神電鉄の3社の鉄道が東西方向に営業している。以下にこれらの鉄道の被害状況を述べる。

(1) 阪急電鉄

阪急電鉄の構造は、石屋川右岸より西へ約0.55kmまで（楠丘町五丁目）の区間は盛土形式、楠丘町五丁目から西の都賀川付近までの約1.15km間は一般道路と平面交差する形式である。さらに、都賀川から西郷川までの約0.95km間は盛土構造、これ以西は王子公園駅を含めて高架橋形式となっている。

上記の構造形式のうち、被害は写真-6.3.13に示すような盛土法面の小崩壊、さらに写真-6.3.14に示すような高架橋の橋脚の座屈による被害が発生している。

灘区内の阪急電鉄の構造形式は、上述するように大半が盛土構造であり、盛土部についてはほとんど被害は発生していない。しかしながら、王子公園駅付近の高架橋構造物については、一部に橋脚の座屈等の大規模な被害が現れている。

(2) JR

JRの構造は、石屋川右岸より西へ約4.0kmまで（稗原町二丁目）の区間が高架橋形式、それより以西に約1.55kmまで（灘北通八丁目）は盛土形式となっている。さらに、灘北通八丁目以西は掘割形式となっている。

被害は上述した高架橋のうち、①石屋川右岸から大和町三丁目の跨道橋までの0.35kmの区間と、②六甲道駅を中心として東西0.6kmの区間が極めて大きい。また、これらの区間の被害状況は次のとおりである。

①石屋川右岸から大和町3丁目

橋脚最頭部のハンチの下部部分が座屈し、主筋および帯鉄筋が露出しているが、上部工は比較的損傷が少ない（写真-6.3.15 参照）。

②六甲道駅付近

六甲道駅付近は①区間より被害はさらに大きく、橋脚は圧壊し、上部工が地表付近まで下がってしまっている（写真-6.3.16 参照）。

一方、高架橋形式以西の盛土および掘割構造形式部の被害は極めて小さく、盛土の小崩壊あるいは擁壁のクラックが一部認められる程度である。

(3) 阪神電鉄

灘区内の阪神は、東端部の浜田町1丁目（石屋川車庫の西端部）から都通り2丁目までの約2.6kmが高架橋であり、それより以西、岩屋中町1丁目までの約0.55kmが盛土、さらにそれより以西の約0.45kmまでが掘割型式となっている。

上記の区間のうち、高架橋部分の被害が大きく、そのうち写真-6.3.17に示す①石屋川車庫の西端より西側に0.25km区間、②大石駅を中心に約1.5kmの区間が最も被害の程度が大きい。これらの区間は、橋脚頭部の座屈に伴う下部工の圧壊、さらに上部工の落橋が見られ、構造物の損傷は極めて大きい。

一方、盛土区間は写真-6.3.18に示すような盛土法面の小崩壊が起こっている程度である。さらに、掘割構造形式の区間では写真-6.3.19に示すように、ほとんど被害は認められていない。

以上、灘区内の鉄道の被害状況について述べた。次に、地質的地盤条件と被害の発生分布を比較してみる。前掲図-6.1.2に示すように、最も北側を通る阪急電鉄の一部が中位段丘層(T_m)上にあたるが、それ以外の鉄道は低位段丘層(T₁)上に位置している。一般的には基盤上の未固結土層の層厚が薄いほど地震動の増幅が小さくなる。この観点からみると、北側に位置する阪急電鉄の被害が最も小さくなるはずであるが、先に述べたように、阪急電鉄はほとんどが小規模な盛土構造形式であるため、他の鉄道との比較ができず、灘区内の鉄道の被害状況と地盤条件との比較は難しい。

図-6.3.4には鉄道形式の概要と被害の概要を示している。被害の実態は3社の鉄道とも一致している。すなわち、高架橋形式の区間は全てにおいて被害が現れている。しかも、高架橋の形式はほとんどがRCの連続ラーメン橋であり、その被害の発生は図-6.3.5に示すように橋脚頭部の座屈による圧壊である。ただし、1径間であっても幅員の小さい道路、あるいは小河川を横断する橋長の短い橋梁は、写真-6.3.18に示すように全般に被害は少ない。また、盛土形式、掘割形式ならびにC-Boxにはほとんど被害が現れていない。

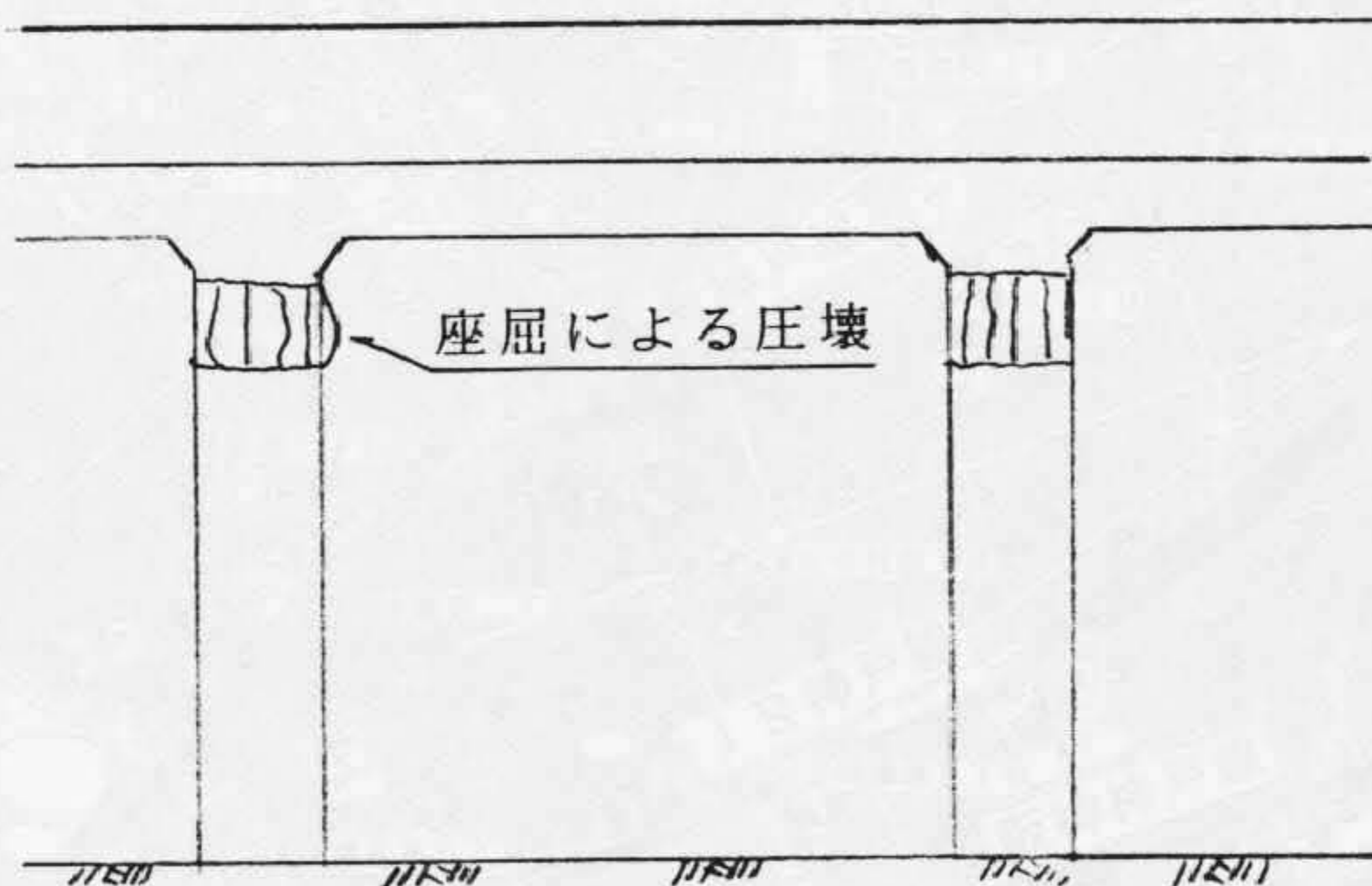


図-6.3.5 高架橋の破壊位置

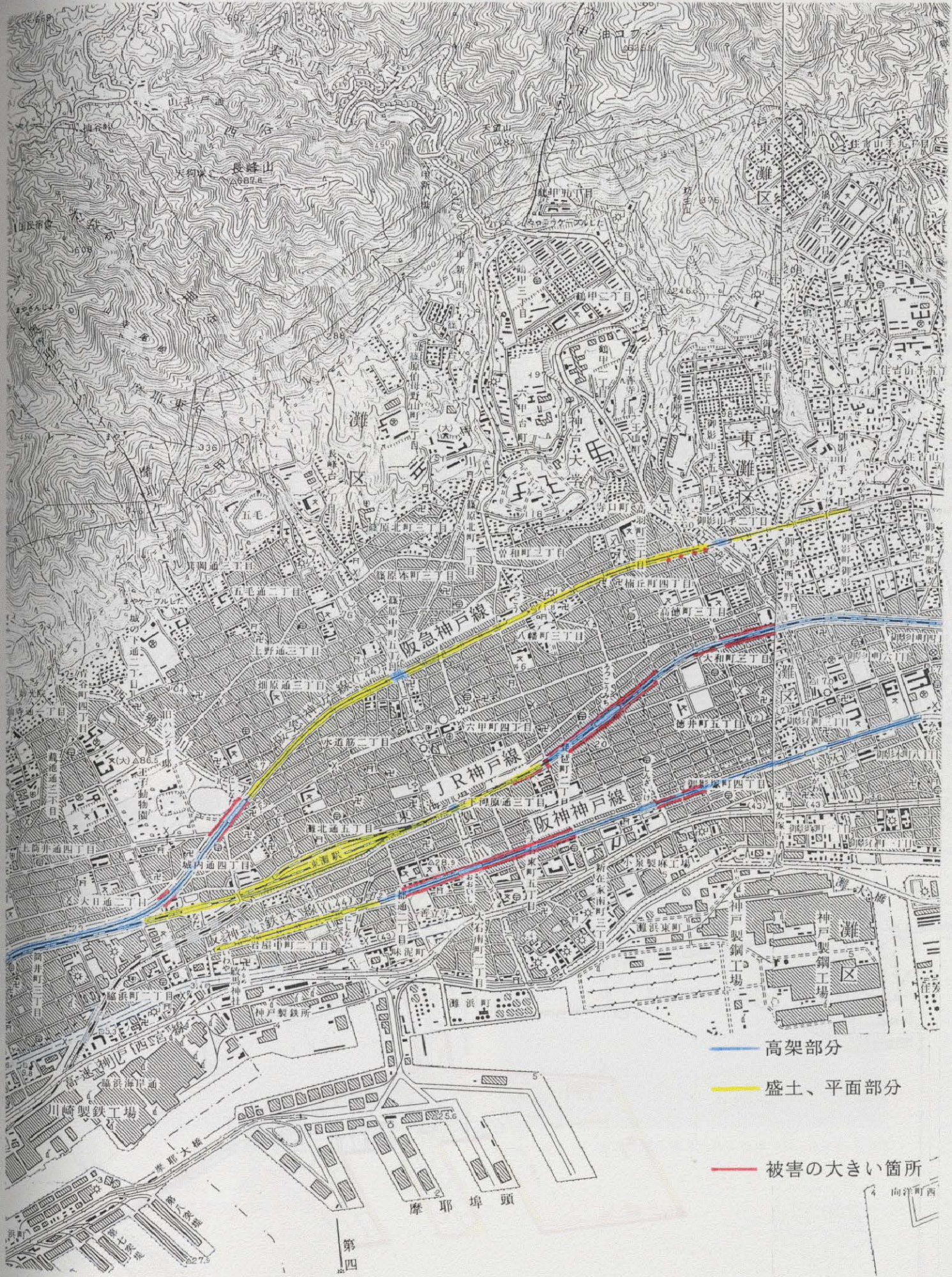


図 - 6.3.4 鉄道の被害概要 (S = 1 / 25,000)



図-6.3.6 鉄道被害状況写真位置図



写真-6.3.13 阪急電鉄盛土法面の小崩壊（図-6.3.6の①）
 楠丘町一丁目付近
 線路脇の盛土法面部が約20mに渡って小崩壊をしている。



写真-6.3.16 JR六甲道駅全景（図-6.3.6の④）
 下部工が圧壊している。
 さらに、上部工にも損傷が現れている。



写真-6.3.14 阪急電鉄高架橋の被害（図-6.3.6の②）
 阪急王子公園駅
 橋脚が座屈しているため、すでに解体工事作業が行われている。



写真-6.3.17 阪神電鉄高架橋被害状況（図-6.3.6の⑤）
 浜田町二丁目
 橋脚頭部の座屈に伴う圧壊。
 さらに、上部工にも大きな損傷が起こっている。



写真-6.3.15 JR高架橋の被害状況（図-6.3.6の③）
 石屋川右岸
 橋脚の頭部（上部工桁下のハンチ下部）が座屈し、主鉄筋が露出している。



写真-6.3.18 阪神灘駅北側盛土の小崩壊（図-6.3.6の⑥）



写真-6.3.19 阪神掘削部の状況(図-6.3.6の⑦)
岩屋北町三丁目
掘削部には異状が認められない。



写真-6.3.22 楠丘町3丁目、4丁目付近の阪急橋梁(図-6.3.6の⑩)
異状は見られない。



写真-6.3.20 阪急橋梁の状況(図-6.3.6の⑧)
福住町三丁目付近 健全



写真-6.3.23 阪神新在家駅東側(図-6.3.6の⑪)
橋台は圧壊し、上部工にも損傷が見られる。



写真-6.3.21 徳井神社付近のJR高架橋(図-6.3.6の⑨)
橋脚に斜め方向のせん断クラックが発生し、
主鉄筋が露出している。



写真-6.3.24 船寺町3丁目 阪神道路横断橋梁(図-6.3.6の⑫)
橋台の座屈に伴う圧壊と上部工の落橋。

6.3.3 港湾の被害状況

港湾構造物には摩耶埠頭、灘埠頭のほか、神戸製鋼所北側の旧海岸線に沿う運河の護岸も含めた。港湾の被害は岸壁・護岸のはらみ出し、滑動、沈下、荷揚げ場（エプロン）の沈下、建屋の沈下、傾斜、クレーン等の沈下が主なものである。

(1) 摩耶埠頭

摩耶埠頭の埋立ては1956（S34）から始まり1967年（S42）に完成している。埋立て材料はまさ土で層厚は約15m、沖積粘性土（Ma13）のは埠頭北部ではほとんどなく埠頭先端で9m程度と厚くなる。埠頭は第1、第2突堤とコンテナターミナルからなる。コンテナターミナルは第3突堤と第4突堤の間を埋立てたもので、この埋立ては新しく1984年（S59）以降である。

埠頭では0.5～1mの程度の沈下が埋立て地盤の全域に生じており、その沈下は埠頭の先（南）ほど大きく、北側のRC造の倉庫群の付近で少なくなっており、軟弱粘性土の厚さと対応している。噴砂は全域にみられるわけではないが、程度の差はあるが液状化は全域に発生したものと考えられる（写真-6.3.25）。

① 岸壁の被害

a. 第1突堤

埠頭の突堤は鋼管セル型岸壁であるが、第1突堤西側の岸壁はセル護岸の外に鋼管杭を連続打設し棚を支える形式で拡張されている。この拡張された岸壁は設計水平震度を0.25（他の護岸は0.18）とした耐震岸壁であり、写真-6.3.26に示すように無被害であった。一方、東側の岸壁では鋼管杭（鋼管杭に間隔がある）で支えられた栈橋の棚の部分が落ち大きな被害を受けている（写真-6.3.27）。

突堤ではかまぼこ型の倉庫際（この位置はセル護岸の内側境界になるとと思われる）から内側が均一に大きく沈下し、境界部には大きな段差が生じている。内側の沈下した地盤の所々に噴砂が見られる。南側岸壁では段差の位置が岸壁に近く東西の岸壁とは構造が異なるようである。突堤の先端の角の部分では沈下が大きく岸壁の接合部などで部分的な崩壊や目地の開きがみられる。

b. 第2突堤

第2突堤では南側岸壁に全体的なはらみ出しが見られる。東・西の岸壁は所々に数cmのはらみ出しが生じているが、機能には問題がない。突堤の内側は均一に沈下しており沈下量は第1突堤よりやや少ない。突堤南端の角部には目地の開き等がみられる。

c. コンテナターミナルの岸壁

東西の岸壁には数cm～30cm程度のはらみ出しや沈下がみられる（写真-6.3.28）。岸壁内側の地盤は他の突堤と同様に均一に沈下している。両岸壁にはガントリークレーンが設置されているが、この線路にズレや段差が生じたり、クレーン内側脚の地盤自体が沈下したりして、荷揚機能は停止している（写真-6.3.29）。南側岸壁でははらみ出しや直近の内側地盤に大きな沈下や段差が生じ、荷揚は行えない。ターミナルヤード内は所々に噴砂がみられ、路面には陥没や不等沈下が生じ、野積みされたコンテナが傾いたりしているが、岸壁近くの段差部を除けば、車の走行に大きな支障はない。

d. 倉庫の荷揚げ専用岸壁

埠頭間および北側倉庫群の裏側には倉庫の荷揚げ専用岸壁がある。これらの岸壁では

ほとんどの箇所では海側へのはらみ出し、滑動、沈下が生じており、水没している箇所もある（写真-6.3.30）。また、岸壁内側の道路や荷揚げ場にも沈下や段差が生じており、荷揚げ機能が損なわれている。これらの岸壁の被害は埠頭の岸壁と比べ大きく、岸壁自体が軽便な構造であると想定される。

② 建屋の被害

摩耶埠頭の建屋はその大半が倉庫で、埠頭北部のハーバーウェイに沿う3～4階のRC造の倉庫群と埠頭部の鉄骨造のかまぼこ型の倉庫群がある。RC造の倉庫は裏側が岸壁からの荷揚げ場となっている。岸壁に近く、その被害が大きい箇所では建物が海側へ若干傾斜し、柱に損傷を受けてたものが一棟ある（写真-6.3.31）ほかは健全である（傾斜している倉庫では基礎杭の頭部が損傷しているものがあつた）。かまぼこ型倉庫は、基礎杭が短いために地盤と一緒に沈下（地盤が100cm沈下すれば倉庫は70cm程度）しており、ほとんどの建物に傾斜や不等沈下が見られるが、倉庫の機能を損なうものではない。岸壁と倉庫とは1m程度の段差が生じており、この部分に一部アプローチ盛土がなされている箇所もある。

（2） 灘埠頭

灘浜町コンテナヤード南側の岸壁は、海側へのはらみ出し大きな沈下のために水没している箇所もある（写真-6.3.32）。被害の状況は摩耶埠頭の北側の岸壁と同様であり、軽便な構造と想定される。岸壁内側（北側）の道路には陥没やき裂がいたる所に生じ、車の走行は出来ない状況にある。岸壁の西部には日本石油のパイプラインがあるが、ここは岸壁との接合部に不陸がみられる程度で被害は生じていない。

（3） 運河の護岸

神戸製鋼所北側の運河は埋立て前の海岸線に位置する。運河護岸は擁壁式のものであるが、その前面（運河側）に傾斜堤を持つ親水性護岸と遊歩道をちょうど建設中である（大半は完成していた）。この遊歩道の護岸にすべり出し、沈下、き裂が生じ、全面的な補修が必要とされる（写真-6.3.33）。

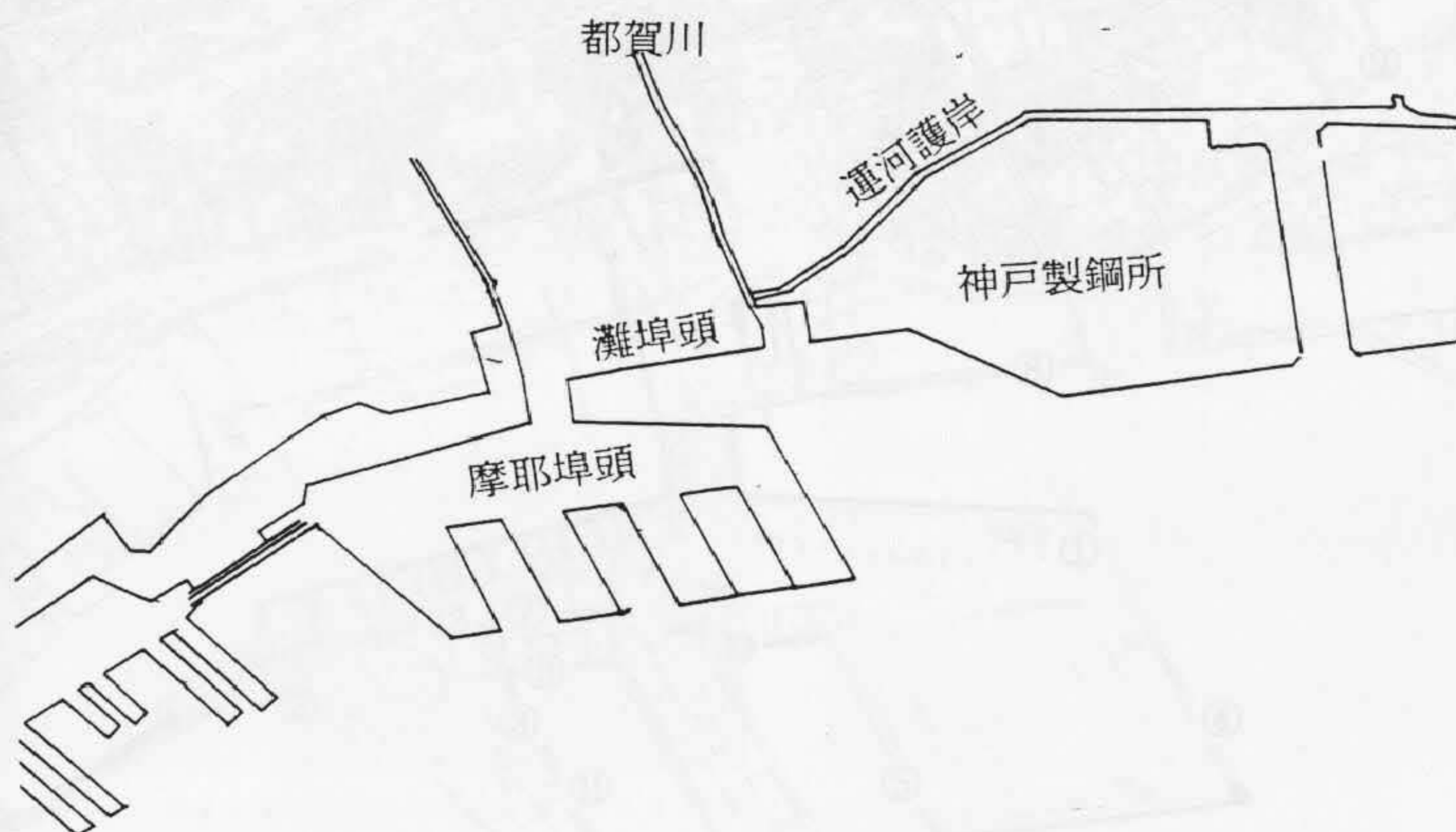


図-6.3.7 港湾施設の被災調査地域



图 - 6.3.8 港湾被害状况写真位置图 (S = 1 / 20,000)

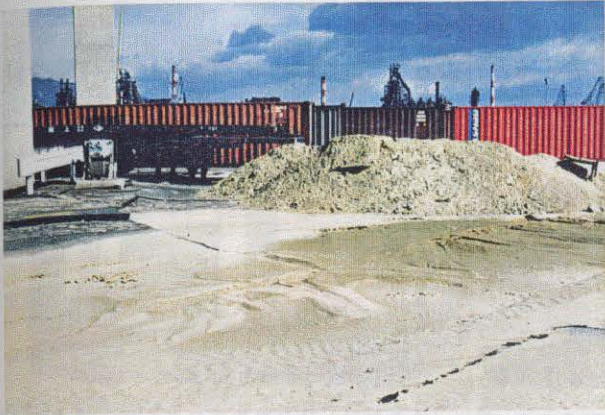


写真-6.3.25 摩耶埠頭の噴砂の状況(図-6.3.8の①)
背後にはかき取って集められた砂が見える。
ハーバーラインの橋脚の周辺は沈下せず不陸が生じている。

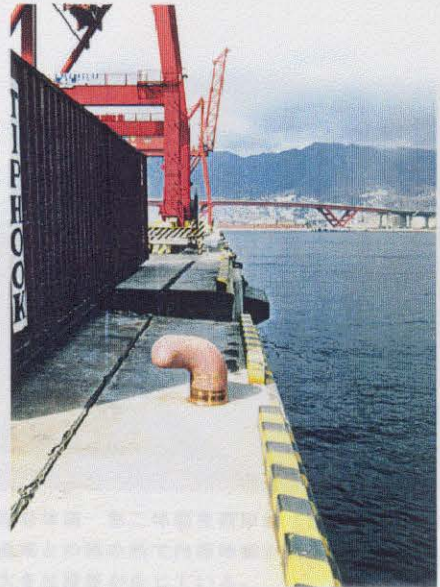


写真-6.3.28 コンテナターミナル東側岸壁(図-6.3.8の④)
岸壁の目地部に段差とはらみ出しがみられる。



写真-6.3.26 第一突堤西側の耐震岸壁(図-6.3.8の②)
目地部のズレがみられる程度で、機能には問題がない。
背後のかまぼこ型の倉庫は0.7m程度沈下しており、B棟との間はアプローチ盛土が成されている。



写真-6.3.29 コンテナターミナル西側岸壁(図-6.3.8の⑤)
ガントリークレーンの内側の不等沈下の状況



写真-6.3.27 第一突堤東側の岸壁被害状況(図-6.3.8の③)
栈橋の棚部分が海中に没している。
コンテナ奥の倉庫と岸壁の間には1m程度の段差が生じている。



写真-6.3.30 埠頭間の倉庫専用荷揚げ岸壁の被害状況(図-6.3.8の⑥)
岸壁には大きな沈下と側方変位が生じており、荷揚げ機能は停止している。倉庫の基礎部分も剥き出しとなり、基礎杭頭部の破損が確認される箇所もある。



写真-6.3.31 倉庫の柱の損傷状況〔明糖倉庫〕(図-6.3.8の⑦)
倉庫裏の岸壁は写真-6.6.6に示すように
大きな被害を受けている。



写真-6.3.34 摩耶埠頭 第二埠頭東側岸壁(図-6.3.8の⑩)
倉庫との際の所で内側地盤が沈下しているので、
大きな段差が生じている。

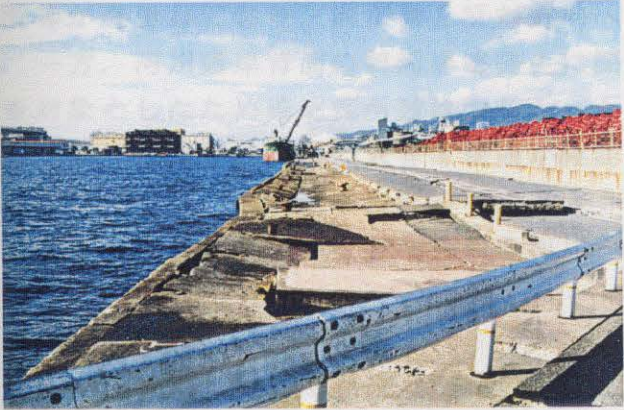


写真-6.3.32 灘埠頭〔灘浜町〕(図-6.3.8の⑧)
はらみ出しや沈下が生じ、水没している箇所も
ある。
右側は灘浜町のコンテナヤード、正面の倉庫は
摩耶埠頭(写真左)への連絡道路部の倉庫。



写真-6.3.35 摩耶埠頭 第一埠頭東側岸壁(図-6.3.8の⑪)
エプロン部と倉庫の間に見られる段差。
1m程度。



写真-6.3.33 運河の親水性護岸の崩壊状況(図-6.3.8の⑨)
ブロック部は遊歩道となっていた。
左の高架道路はハーバーライン。



写真-6.3.36 摩耶埠頭 中央部道路(図-6.3.8の⑫)
大きな亀裂や陥没、不陸は生じていないが、噴砂
した砂はこの道路の全域で見られ、埠頭全体に
液化が生じたと思われる。

6. 4 河川，斜面，宅地盛土の被害状況

6.4.1 河川の被害状況

調査対象とした河川は，灘区を南北に流れる5つの河川，すなわち東側より石屋川，高羽川，都賀川，観音寺川，並びに西郷川で，被害の調査項目としては橋梁（橋台，橋脚，橋桁），河川護岸等の損傷状況，及び河川護岸に連続する斜面の変状状況等について調査した（図-6.4.1 参照）。

調査の結果，橋梁に関しては，規模の小さな個人所有の橋を除き，損傷は比較的軽微な状況にあり，大部分は健全，もしくは軽微な補修で修復可能であると評価されるが，西郷川，観音寺川の河口付近の3橋に関しては損傷が著しく，大規模補修，または再施工が必要と判断された。

護岸の被害に関しては，天井河川である石屋川とその他の河川で被害状況が幾分異なるが，大部分の河川は家屋被害が著しく現れた阪急電車軌道より南側で顕著に現れている。護岸の被害形態は，護岸としての石積みの倒壊，はらみ出しが大半で，RCより成る護岸の損傷は少なく，河口付近では液状化に伴った変状も認められた。また，天井河川である石屋川では，上記した被害形態とは別に護岸背面の幅広い堤防部（盛土部）に地割れ，陥没等が発生しており，河川側と反対方向へのすべり等も確認された。

一方，河川護岸背面の斜面崩壊発生に関しては，今回の調査範囲が山麓部より南側を調査対象としたため確認箇所数は少なかったが，石屋川の山麓部で2箇所，都賀川の山麓部で4箇所の比較的規模の大きな崩壊が確認できた。但し，これらの崩壊形態は急崖部の表層崩壊で，河川機能に悪影響を与えるような土砂流出は確認されなかった。各河川の被害が著しく現れた地域，被害の特徴を河川毎に以下に記述する。

（1）石屋川

上流域の鶴甲2丁目付近左岸の強風化花崗岩より成る急崖部において，幅6～7m，高さ20mの表層崩壊が，また一王山町付近左岸の段丘堆積層より成る急崖部で幅30m，高さ15mの表層崩壊（写真-6.4.1 参照）が発生しており，その他5ヶ所で岩盤斜面崩壊（落石）を含めた小規模な崩壊が認められた。

一王山町～桜ヶ丘町付近の約200m間で護岸石積みの倒壊，はらみ出し，石積み背面の陥没等の変状が顕著に現れている。

阪急電車～JR線間の約600m区間では，河川両岸の護岸（堤防部）に写真-6.4.2に示すような地割れ（最大開口幅30cm，最大段差20cm）が発生し，河川とは反対方向へのすべりが生じている。地割れは最大300mで連続するが，図-6.4.2に示すように，地割れ（テンションクラック）発生位置が通常のすべりに較べかなり奥にまで及んでおり，当地域のすべり形態の特徴としてすべり面がかなり低角度であることが挙げられる。但し，護岸石積みに関しては，クラック，部分的なはらみ出しは認められるが，倒壊，河川方向へのすべり等は発生していない。

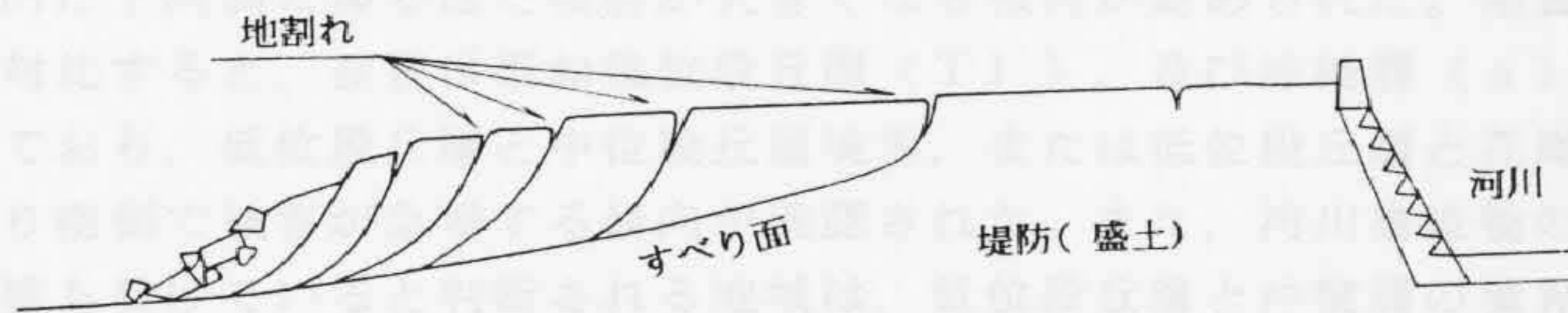


図-6.4.2 石屋川堤防部すべり概念図

(2) 高羽川

J R線～阪神電車の 600m間において被害が多く、護岸としての石積みの倒壊、はらみ出しが顕著に見られる(写真-6.4.3 参照)。

(3) 都賀川

上流部(杣谷川)の箕岡通1丁目付近左岸急崖部の4箇所で、写真-6.4.4に示すような段丘堆積層からその下部に分布する強風化花崗岩に到る表層崩壊の発生跡が認められた。崩積土の一部は河床部分に流出しており、崩壊部上部の家屋は非常に危険な状況となっている。

J R線～河口に渡って、護岸である石積みの倒壊、はらみ出し、護岸背面地盤の陥没(沈下)等が数多く認められる。

阪急電車～河口に到る区間において、橋梁の損傷(橋台の一部にクラック、橋桁端部、高欄の一部のコンクリートが欠落する等)が目立つ。写真-6.4.5はその一例であるが、J R線の右岸橋台部に入った横クラックの状況で、クラック以外の大きな損傷は認められない。

(4) 観音寺川

阪急電車を中心として上流側 100m、下流側 100mの区間において、護岸である石積みの倒壊、はらみ出しが顕著に認められる。

J R線から河口に到るまでの区間では、護岸に相当する石積みの倒壊、はらみ出しが著しく、護岸背面地盤の沈下・陥没等も広域に渡って発生している。特に、国道43号付近では写真-6.4.6に示すように護岸の倒壊に伴って落橋しており、河口部にあたる橋に関しても損傷が著しい状況にある。河口部付近においては広域的な沈下、陥没等も多く発生しており、液状化の影響も受けているものと推定される。

(5) 西郷川

阪急電車より河口に到る区間において、護岸としての石積みの倒壊、はらみ出しが頻発しており、他の河川と比較して最も被害が多く現れている。写真-6.4.7は阪急電車とJ R線のほぼ中間地点付近で認められた比較的規模の大きな護岸の破損状況で、石積みが倒壊するとともに両岸部の道路中央付近まで崩壊が及んでいる。

最下流部にあたる河口に位置する橋梁(写真-6.4.8 参照)においては、右岸側橋台、中央橋脚が右岸側に傾斜し、支承部もずれた状況にあり、地震の揺れとともに液状化の影響も受けていると判断される。

以上が各河川の被害発生地域及びその特徴をまとめたものであるが、特に護岸・橋梁の被害は全般的に下流側に移るほど被害が大きくなる傾向が認められた。地質の分布状況と被害状況を対比すると、被害は概ね低位段丘層（T1）、及び沖積層（a）分布地域に限られ発生しており、低位段丘層と中位段丘層境界、または低位段丘層と花崗岩分布地域の境界付近より南側で被害が急増する傾向が確認された。また、河川構造物の被害において、液状化の影響も受けていると判断される地域は、低位段丘層と沖積層の境界付近より南側地域のみと推定される。



図-4-4-1 河川の被害調査地図（S=1/25,000）



図 - 6.4.1 河川の被害概要 (S = 1 / 25,000)

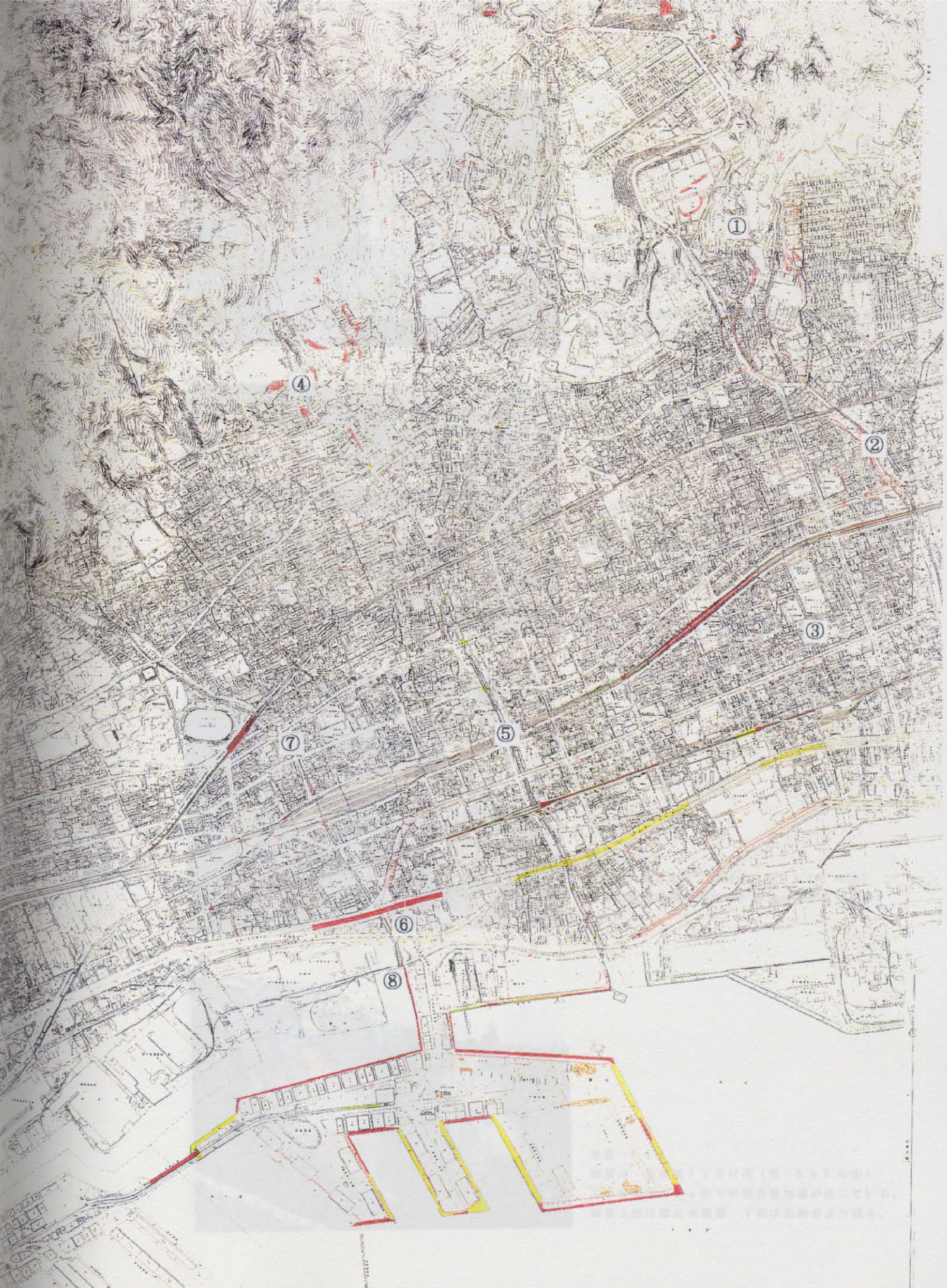


图-6.4.3 河川被害状况写真位置图 (S = 1 / 20,000)



写真-6.4.1

石屋川・一王山町付近(図-6.4.3の①)

左岸急崖部が幅30m、高さ15mに渡って表層崩壊が発生する。

河川内に崩積土砂が流入した跡が認められるが、既に撤去されている。



写真-6.4.2

石屋川・楠丘町1丁目石屋川公園(図-6.4.3の②)

写真右側方向にすべりが生じており、段差を生じながらテンションクラックが数条で発生している。地割れは10~20cm開口し、10cm程度の段差がついている。

写真手前の石積み、擁壁は転倒している。



写真-6.4.3

高羽川・徳井町5丁目付近(図-6.4.3の③)

高羽川兩岸の護岸石積みが約20mに渡って倒壊している。



写真-6.4.4

都賀川・箕岡通1丁目付近(図-6.4.3の④)

左岸急崖部の3ヶ所で斜面表層崩壊が生じている。斜面上部は段丘堆積層、下部は花崗岩より成る。

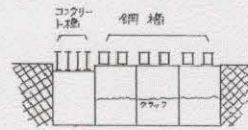


写真-6.4.5
都賀川・JR都賀川橋(図-6.4.3の⑤)
左岸側の橋台に横クラックが連続して入る。



写真-6.4.6
観音寺川・国道43号南側(図-6.4.3の⑥)
左岸側40m, 右岸側が20mに渡って護岸が倒壊しており、橋は落橋する。なお、右岸側護岸倒壊部下流20m間にはらみ出している。
また、護岸周辺部は全体に沈下(20cm程度?)している。



写真-6.4.7
西郷川・岸地通5丁目付近(図-6.4.3の⑦)
左岸側の石積み護岸の一部が倒壊するとともに、兩岸部の道路中央部にまで崩壊(すべり)が及び、最大30cm程度で路面が陥没する。陥没は約50m区間で生じており、護岸は全般的にはらみ出している。



写真-6.4.8
西郷川・河口付近(図-6.4.3の⑧)
護岸は全体にはらみ出し、一部倒壊している。
橋梁(川口橋)に関しても破損しており、特に右岸側橋台、中央部橋脚が右岸側に傾斜している。

6.4.2 斜面の被害状況

自然斜面の崩壊は、鶴甲を中心として多くの地点で観察された。地域的に見れば灘区東部に多く、西部地区では少ない。

(1) 崩壊の区分

斜面崩壊の形式は以下のように分類される。

- ① 硬質岩で構成された斜面の崩壊
- ② 花崗岩の破碎帯の地すべり
- ③ 急崖斜面の崩壊落石
- ④ 断層沿いに見られる地割れ

以下にはそれぞれのタイプについてその特徴を述べる。

①硬質岩で構成された斜面の崩壊

硬質岩の崩壊は、岩盤中の亀裂に沿ってすべったものか、浮石状となった岩盤が振動により落石したものと考えられる。

このタイプの最も大きいものは、六甲ケーブル下駅上の斜面で見られ、図-6.4.4 (崩壊①) に示すように、幅20~30m、長さ200m程度にわたり硬質の花崗岩が崩壊している。図-6.4.5 に示すように斜面の傾斜は45°以上で、かなり急傾斜である。岩石の崩落経路は2通りあるようで、下流側のものは下駅の北側の小屋を破壊し、そのブロックの大きさは3m×3m×3m程度である。上流側のものはケーブルの線路でバウンドして下側の六甲川支流へ転落した。そのブロックの大きさは5m×5m×5m程度である(写真-6.4.9, 6.4.10)。テンションクラックは崩壊地よりさらに上側にあるため、今後さらに拡大する可能性が高い。

この地区の崩壊で代表されるように、地震前より崩壊地として存在した部分が、地震により再び崩壊したものが多し。同様の崩壊は鶴甲北側の自然斜面で多く見られる。

②花崗岩の破碎帯の地すべり

鶴甲5丁目の老人ホームの東側斜面では、図-6.4.4 (崩壊②) に示すように、幅70m、長さ100mにわたり地すべりを起こしている(写真-6.4.11, 6.4.12)。斜面上部で大きな変状が見られることが特徴である。図-6.4.6の断面図に示すとおり、斜面の傾斜は40°程度と急である。この地区は地質的に見ると大月断層に近接した地域で、岩盤が破碎され、軟質化している地域である。この地すべりは軟質化した花崗岩が地震動により水平方向に引っ張られて形成されたものである。テンションクラックは老人ホームの建物側に延びており、今後拡大する可能性は高い。特に降雨期には注意が必要である。このような緩速の地すべりが見られたのは、この斜面だけである。

③急崖斜面の崩壊落石

このタイプの崩壊は、河川沿いや山腹の急斜面においてマサ土・段丘礫層の表層崩壊、段丘層中の抜け落ち、浮石の落石が地震動により発生したものである。

最も大きいものは石屋川上流域一王山町で見られ(崩壊③)、幅70m、高さ20mにわたり段丘礫層、マサ土で構成される斜面が崩壊している。この斜面は高さ20mの斜面の上半が段丘礫層、下半が風化花崗岩(マサ土)により構成されているが、両地質とも表層数10cmの土塊が崩落している。斜面からの湧水は見られず、“乾いた崩壊”である(写真-6.4.13 参照)。このようなタイプの崩壊は、河川沿いの急斜面を主として、多くの箇所

見られた。

④断層沿いに見られる地割れ

既存文献等で断層が分布しているとされている部分数箇所“地割れ”を確認した。確認した箇所は大月断層、諏訪山断層が分布している地域である。このうち大月断層に沿うものは、篠原伯母野山町～六甲ケーブル下駅西側の道路上で、延長100mにわたり断続的に見られた(図-6.4.4の地割れ)。いずれの箇所でも南東側が10cm程度沈下し、数cm開口している。このずれが断層のずれによるものか、大きな振動により低角度のすべりを起こしたために生じたものかは明かでない。

(2) 斜面崩壊と地盤の関係

図-6.4.4に示した崩壊地の分布図には、周辺の活断層の分布を示している。これらの断層は地質を分ける重要な地質構造であるとともに、地形的にも大きな境界となっている。上記した崩壊のタイプと地形地質との関連を考察する。

タイプ①の崩壊の大規模なものは、大月断層、布引断層、諏訪山断層の北側で見られる。この地域は地形的にかなり急峻となっており、地質的には諸断層の破碎域からはずれ、岩盤は硬質となっているが、亀裂は多く発達しているという特徴を持っている。したがって、このタイプの崩壊は亀裂が流れ盤あるいはくさび破壊の形態となっている急斜面、あるいは硬質の岩盤が浮石となっている急斜面で、大きな水平震動によって崩壊が発生したものと考えられる。

タイプ②の崩壊は鶴甲5丁目の斜面であり、大月断層の近くにある。この斜面は断層の近傍にあり、地盤の破碎が進んでおり、潜在的なすべり面があったことが予想される。このタイプの崩壊は、このような地質的素因を持つ斜面が大きな水平震動で発生したものと考えられる。

タイプ③の崩壊は、北側の大月断層と南側の渦ヶ森断層に挟まれたブロックで多発している。この地域の花崗岩は全体に破碎が進んでおり、軟質化していることが知られている。また、花崗岩の上位には硬質の巨礫を含む段丘層が分布し、河川沿いでは急崖をなして分布している。崩壊はこれらの地形・地質的素因を持つ斜面が大きな水平震動で発生したものと考えられる。

タイプ④の変状は大月断層、諏訪山断層線上で見られる。いずれの箇所でも南東側が10cm程度沈下し、数cm開口している。このずれは断層のずれを示しているものか、大きな震動で生じた地すべり性のクラック、震動による開口性のクラックのいずれかであると考えられるが、今のところ明らかでないが、地割れの連続性が断続的であることから、断層のずれが直接地表に現れているという可能性は小さいものと考えられる。

以上述べたように、灘区で発生した斜面崩壊は、密接に断層の分布と係わりがあることがわかる。断層破碎帯沿いで地盤の劣化が進み、亀裂が多く発達していることが崩壊の素因となっていることかは明らかであるようだが、既存の断層沿いに基盤岩の変位が見られたという証拠はほとんどない。また、断層沿いで震動が大きかったことも考えられるが、今のところ不明であり、今後の課題である。

一般的な崩壊の重要な誘因としては、地下水位の上昇がある。今回の地震で地下水位がどう変動したか、あるいは斜面崩壊とどう係わったかは明らかになっていない。これも今後の重要な課題であると考えられる。



図-6.4.4 灘区山地部の被害状況 (S = 1 / 20,000)
 (断層の分布は文献2をもとに作図)

図-6.4.5 崩壊②付近の地形図 (S = 1 / 2,500)

6.4.3 宅地盛土の被害状況

(1) 被害の状況

山間部の宅地においては、急上部分や切取壁と見られる部分に大きな変状が見られた。代表的な例には、長峰合1丁目や土山町の宅地の例がある。

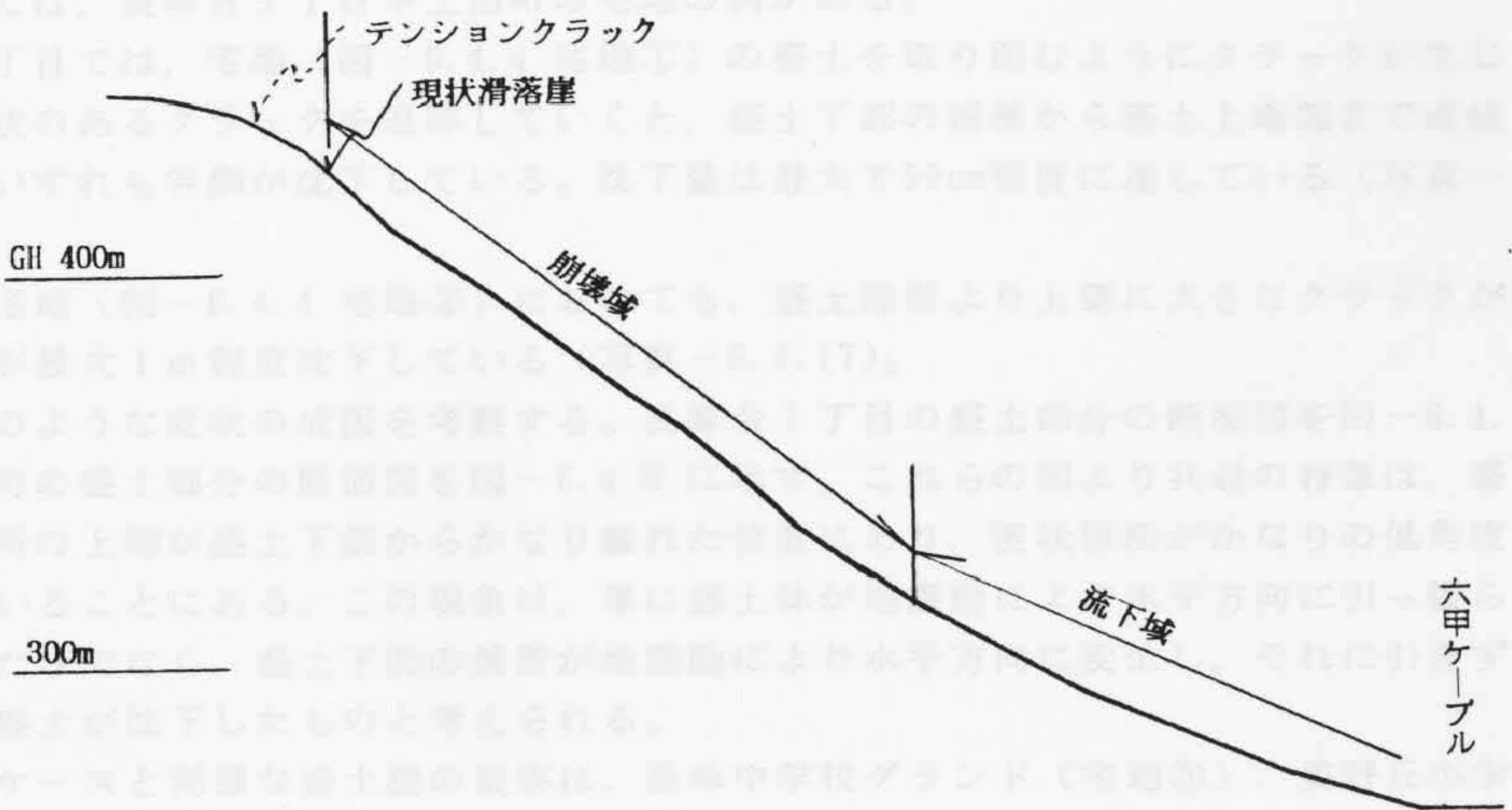
長峰合1丁目では、宅地盛土(図-6.4.5)の盛土を取り囲むようにクラックが生じている。変状のある盛土は、急上部分の盛土下部分の盛土上端部まで連続しており、いずれも急傾が示されている。急下量は最大で39cm程度に達している(写真-6.4.16)。

土山町の宅地(図-6.4.4)宅地盛土(図-6.4.5)でも、急上部分より上部に大きなクラックが生じ、谷側が最大10°程度低下している(写真-6.4.17)。

以下にこのような変状の成因を考察する。長峰合1丁目の盛土部分の断面図を図-6.4.5に、土山町の盛土部分の断面図を図-6.4.4に示す。これらの図より共通の現象は、盛土の変状箇所の上層が盛土下層からかなり離れた位置に、変状箇所がかなりの傾斜で分岐していることにある。この現象は、単に盛土体が急傾方向に引きずられて生じた急傾による盛土下層の変状が地盤動により水平方向に変位し、それに引ずられる形で盛土が低下したものと考えられる。

これらのケースと類似な盛土盛りの被害は、長峰中学校グラウンド(宅地盛り)、土山町中学校グラウンド(宅地盛り)、西丸山分館(宅地盛り)、神戸大農学部(宅地盛り)のグラウンド等で見られる。これらのうち長峰中学校、長峰小学校の盛りでは、上の例と同様に盛土が下層の傾斜とも水平方向に急傾方向に花開きが生じていることから、急傾方向の急傾は盛土が崩壊したものと考えられる。神戸大の例では、谷側が低下したクラックの他に、急傾が低下したクラックも見られる。この地点では水浸等の被害に伴い、急傾と水が噴出した跡が見られる。

図-6.4.5 崩壊①推定断面図 (S = 1 / 2,500)



(2) 宅地盛土の崩壊と地盤の関係

図-6.4.4には主要な宅地盛土の崩壊位置を示すとともに、地盤の分布を示している。自然斜面の崩壊と類似に、崩壊に連続した地区で宅地盛土の崩壊も起こっているようである。このことが崩壊による変位を意味するなか、崩壊に伴って地盤が大きく動いたことを意味しているかは明らかでない。このような変位は盛土および盛土のり面の構造物が崩壊した結果と考えられる。

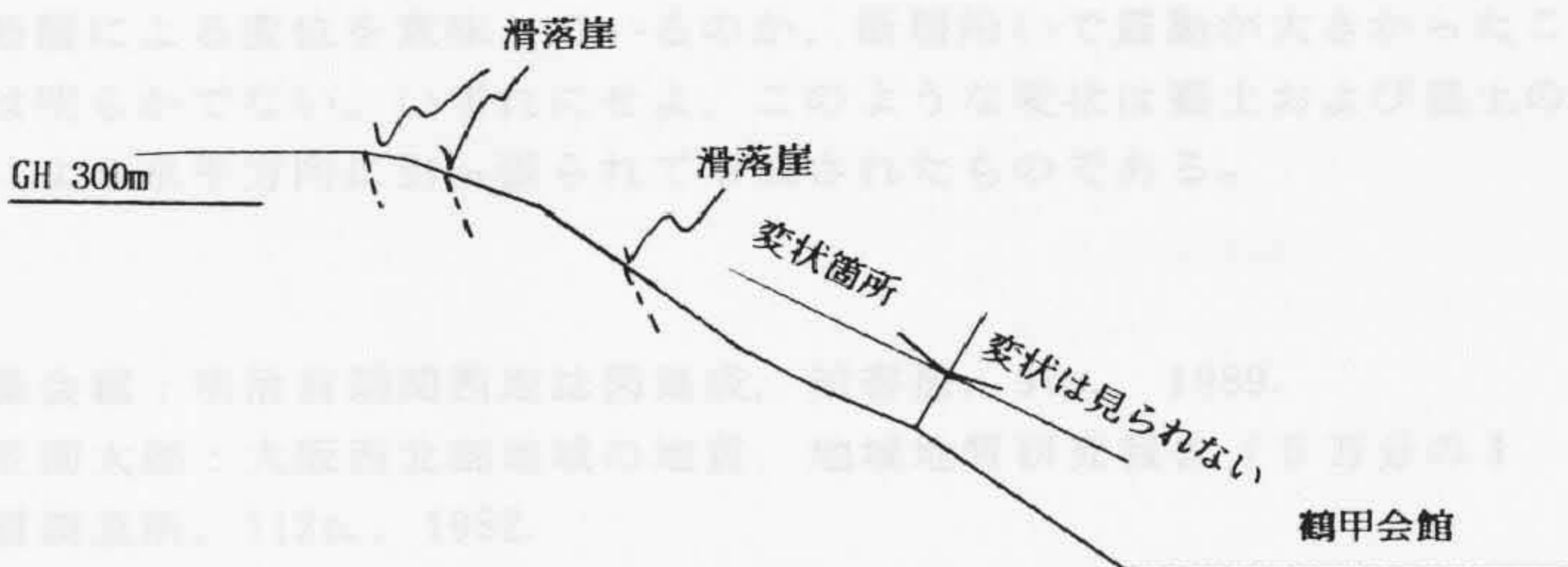


図-6.4.6 崩壊②推定断面図 (S = 1 / 2,500)

参考文献

- 1) 地盤資料調査会編：東海府地盤調査報告書、1999。
- 2) 藤田和夫・栗田大郎：大阪府北部地域の地盤、地盤調査報告書(第1巻)、地盤調査所、117頁、1992。
- 3) 土質工学会関西支部編：海部地盤、土質工学会関西支部、40頁、1995。
- 4) 神戸市企画局：神戸の地盤、神戸市企画局、254頁、1984。

6.4.3 宅地盛土の被害状況

(1) 被害の状況

山間部の宅地においては、盛土部分や切盛境と見られる部分に大きな変状が見られた。代表的な例には、長峰台1丁目や土山町の宅地の例がある。

長峰台1丁目では、宅地(図-6.4.4 宅地①)の盛土を取り囲むようにクラックが生じている。変状のあるクラックを追跡していくと、盛土下部の擁壁から盛土上端部まで連続しており、いずれも谷側が沈下している。沈下量は最大で50cm程度に達している(写真-6.4.16)。

土山町の宅地(図-6.4.4 宅地②)においても、盛土擁壁より上側に大きなクラックが生じ、谷側が最大1m程度沈下している(写真-6.4.17)。

以下にこのような変状の成因を考察する。長峰台1丁目の盛土部分の断面図を図-6.4.7に、土山町の盛土部分の断面図を図-6.4.8に示す。これらの図より共通の特徴は、盛土の変状箇所の上端が盛土下部からかなり離れた位置にあり、変状箇所がかなりの低角度で分布していることにある。この現象は、単に盛土体が地震動により水平方向に引っ張られて生じただけでなく、盛土下部の擁壁が地震動により水平方向に変位し、それに引きずられる形で盛土が沈下したものと考えられる。

これらのケースと同様な盛土盤の被害は、長峰中学校グラウンド(宅地③)、美野丘小学校グラウンド(宅地④)、灘丸山公園(宅地⑤)、神戸大教養部(宅地⑥)のグラウンド等で見られる。これらのうち長峰中学校、美野丘小学校の例では、上の例と同様に盛土が下部の擁壁とも水平方向に引っ張られて生じたものである。灘丸山公園の例では、崩壊地周辺に花崗岩が露出していることから、急角度の腹付け盛土が崩壊したものと考えられる。神戸大の例では、谷側が沈下したクラックの他に、山側が沈下したクラックも見られる。この地点では水道管の破裂に伴い、砂と水が噴出した跡が見られる。

(2) 宅地盛土の崩壊と地盤の関係

図-6.4.4には主要な宅地盛土の崩壊位置を示すとともに、断層の分布を示している。自然斜面の崩壊と同様に、断層に近接した地区で宅地盛土の崩壊も起こっているようである。このことが断層による変位を意味しているのか、断層沿いで震動が大きかったことを意味しているかは明らかでない。いずれにせよ、このような変状は盛土および盛土のり尻の構造物が震動により水平方向に引っ張られて形成されたものである。

参考文献

- 1) 地図資料編纂会編：明治前期関西地誌図集成，柏書房，97p.，1989.
- 2) 藤田和夫・笠間太郎：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.，1982.
- 3) 土質工学会関西支部編：海底地盤，土質工学会関西支部，406p.，1995.
- 4) 神戸市企画局：神戸の地盤，神戸市企画局，254p.，1980.

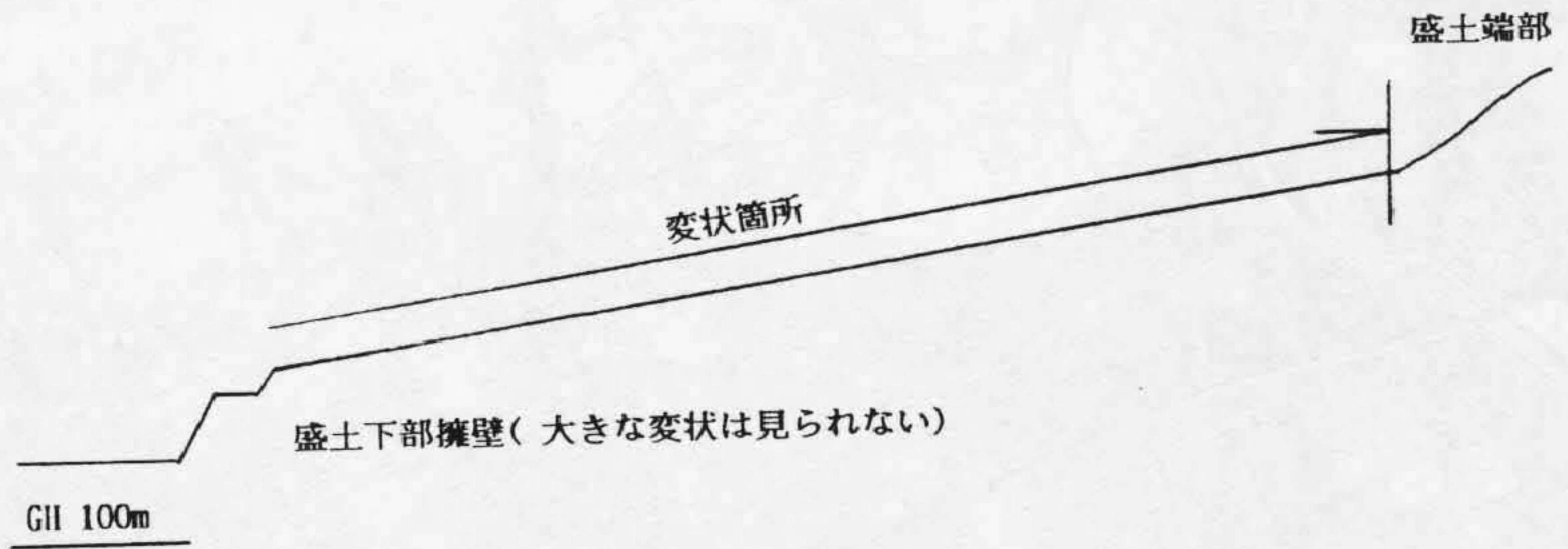


図 - 6.4.7 長峰台 1 丁目宅地の模式断面図 ($S = 1 / 2,500$)

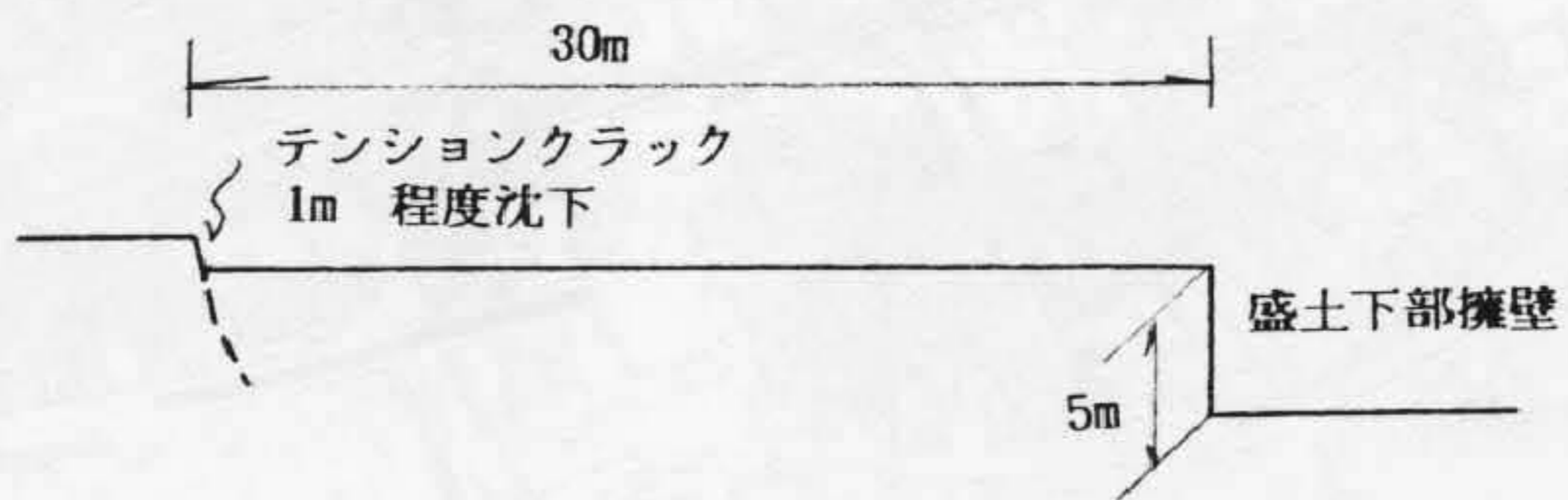


図 - 6.4.8 土山町宅地 (テニスコート) の模式断面図 ($S = 1 / 500$)



図-6.4.9 自然斜面および宅地盛土の被害状況写真位置図 (S = 1 / 20,000)



写真-6.4.9 六甲ケーブル下駅上部斜面の崩壊状況(図-6.4.9の①)
硬質の岩盤が幅20~30mにわたり崩壊している。



写真-6.4.13 一王山町の斜面崩壊(図-6.4.9の⑤)
上部の段丘礫層, 下位の風化花崗岩が表層崩壊を
起こしている。



写真-6.4.10 同上・崩壊の下部の状況(図-6.4.9の②)
3m大の崩壊岩盤が六甲ケーブル下駅上の小屋を
破壊した。



写真-6.4.14 大月台西側の沢浴い(図-6.4.9の⑥)
大月断層の露頭。右側白色部の花崗岩と左側の
黄褐色部の高位段丘礫層の境界となっている。
変状は見られない。



写真-6.4.11 鶴甲会館背面斜面の崩壊状況(図-6.4.9の③)
軟質の花崗岩が地すべりを起こしている。



写真-6.4.15 篠原伯母野山の山中(図-6.4.9の⑦)
弱い地割れが見られる。谷側(左側)が10cm
程度沈下している。



写真-6.4.12 写真-6.4.11の上部の状況(図-6.4.9の④)
テンションクラックが多く見られ, 変状も大きい。



写真-6.4.16 長峰台1丁目宅地の変状(図-6.4.9の⑧)
谷側が数10cm沈下している。



写真-6.4.19 土山町 旧神戸市外国語大学(図-6.4.9の⑪)
旧運動場に盛土のすべりに起因するクラックが多く発生している。



写真-6.4.17 土山町のテニスコートの変状(図-6.4.9の⑨)
谷側が1m沈下している。

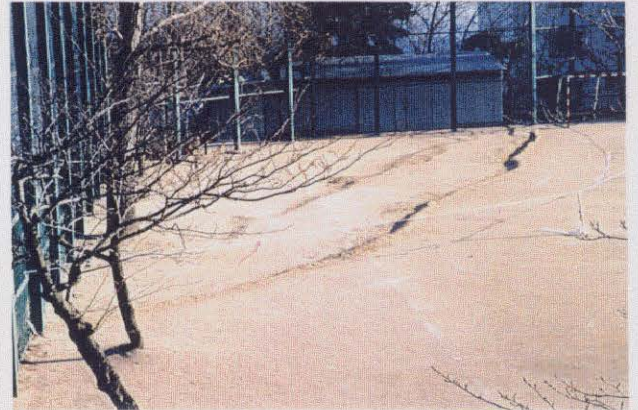


写真-6.4.20
長峰台2丁目 長峰中学校グラウンド(図-6.4.9の⑫)
谷側が沈下したクラックが多数発生している。
下部擁壁の変状も大きい。



写真-6.4.18 神戸大教養部グラウンドの変状状況(図-6.4.9の⑩)
山側が沈下したクラックが広く分布し、水道管
破裂による水と砂の噴出跡が見られる。



写真-6.4.21 灘丸山公園南側法面(図-6.4.9の⑬)
擁壁下部のジョイントから上が前に約40cm出ている。