

1995年兵庫県南部地震

阪神大震災

災害調査報告書

平成7年3月

中央開発株式会社

正誤表

	誤		正
P. 13	図のタイトル	深度階	→ 震度階
P. 31	左上の凡例	$N \geq 5$ の粘性土 2m 以上	→ $N \leq 5$ の粘性土 2m 以上
P. 31	左上の凡例	$N \geq 5$ の粘性土 4m 以上	→ $N \leq 5$ の粘性土 4m 以上

00096029214

震災文庫 11-197



まえがき

1995年1月17日5時46分に兵庫県の明石海峡を震源とするM7.2の大地震—兵庫県南部地震—が発生いたしました。

当社では、直ちに災害調査団を結成し、現地調査を1月18日より開始いたしました。現地の被災状況は余りにも悲惨であり、筆舌には尽しがたいものでしたが、1月31日に速報（第1報）、さらに2月20日に第2報をまとめ報告しました。

本報告は、被害調査の範囲を神戸市～西宮市間よりさらに宝塚市、伊丹市に広げるとともに液状化災害、活断層と被害状況の関係についても調査を行ったものをまとめております。

関係各位の皆様にも少しでもお役に立てば幸いです。

平成7年3月17日

中央開発 株式会社

代表取締役社長 瀬古 隆三

調査団団員名

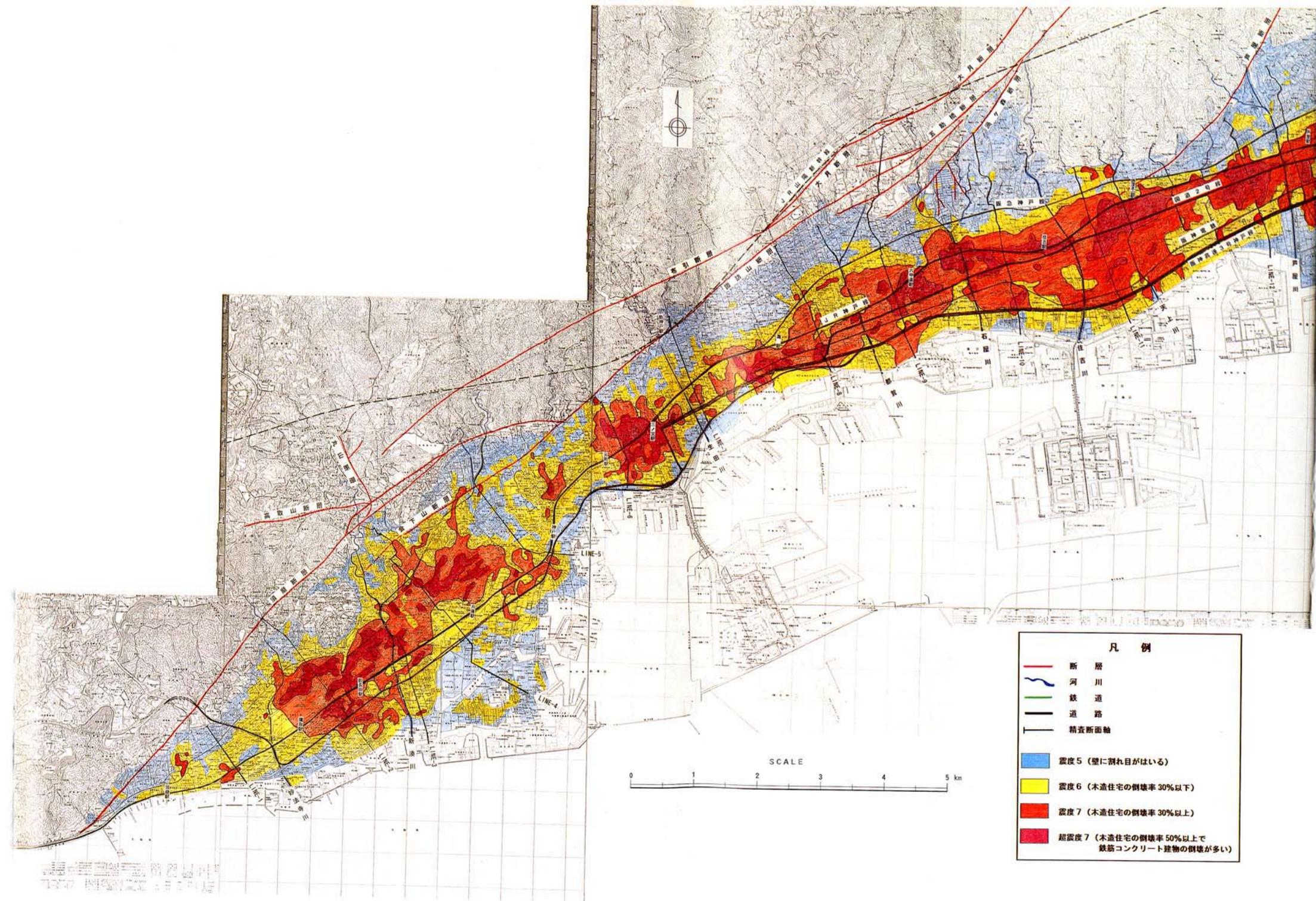
代表 石川浩次（技術本部）

宮島圭司（技術本部）、渡辺 進、西江俊作、堀井克己、杉山長志、鍛冶義和

神原隆則、瀬古一郎（設計本部）、佐藤純一、厚地 学、佐藤 純（技術調査室）

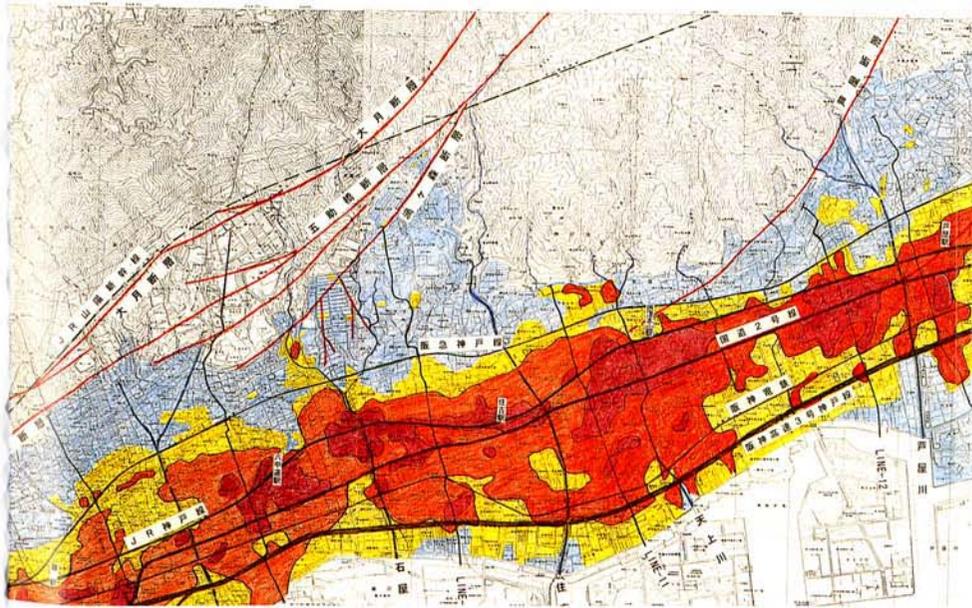
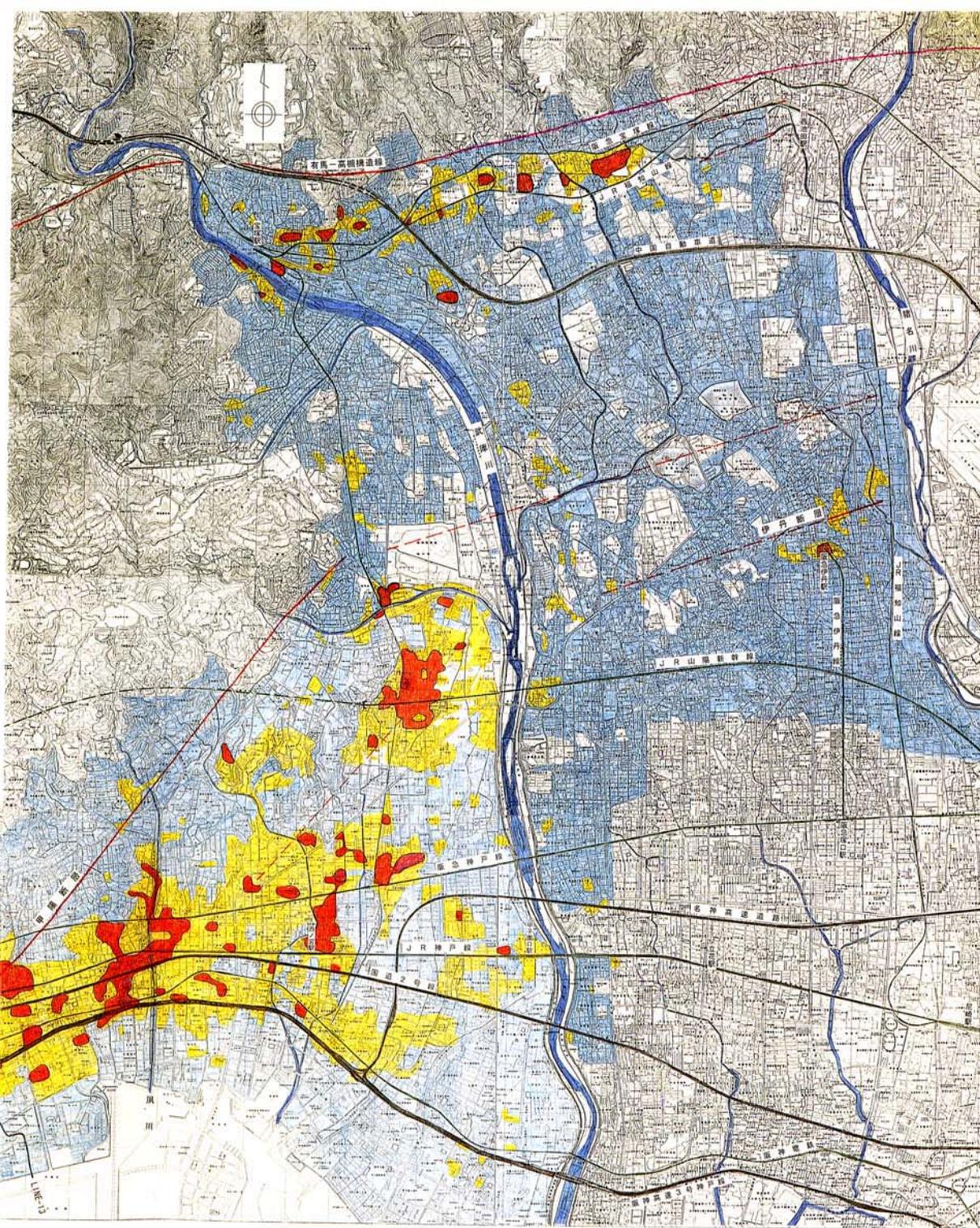
溝口昭二（大阪事業部）、小野 諭、大鹿明文、東原 純、田中英幸、中村裕昭

（東京事業部）、福原 誠、小森次郎（東北支店）、大石雅彦（中部支店）、牧野杏子



- 凡 例
- 断 層
 - 河 川
 - 鉄 道
 - 道 路
 - 精査断面軸
- 震度5 (壁に割れ目がある)
 - 震度6 (木造住宅の倒壊率30%以下)
 - 震度7 (木造住宅の倒壊率30%以上)
 - 超震度7 (木造住宅の倒壊率50%以上で鉄筋コンクリート建物の倒壊が多い)

被害マップ (その1)



被害マップ (その2)

目 次

	頁
1. 地震の概要	1
1.1 本震の概要	1
1.2 余震分布	1
1.3 地震動記録	2
2. 地形・地質の概要	6
2.1 地形	6
2.2 地質	6
2.3 活断層	7
3. 建築物被害度調査	11
3.1 被害状況調査	11
3.2 神戸の地質・地盤と被害の関係	23
4. 液状化調査	38
4.1 液状化調査範囲の選定方法	38
4.2 液状化調査項目	38
4.3 噴砂の粒度特性	40
4.4 調査結果のまとめ	41
5. 活断層と被害状況調査	42
5.1 断層別の調査結果	42
5.2 まとめ	46
6. まとめ	51

・巻末資料

 写真集

1. 地震の概要

1.1 本震の概要

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震の概要は、気象庁の発表によると以下のとおりである。

発震時 : 平成7年1月17日5時46分

震源 : 北緯34度36分, 東経135度00分
深さ20km

規模 : マグニチュード7.2

各地の震度 : 震度 VII 神戸市須磨区, 長田区, 兵庫区, 中央区, 灘区, 東灘区,
芦屋市, 西宮市, 宝塚市, 北淡町, 一宮町, 津名町の一部
VI 神戸, 洲本
V 京都, 彦根, 豊岡
IV 岐阜, 四日市, 上野, 福井, 敦賀, 津, 和歌山, 姫路, 舞鶴,
大阪, 高松, 岡山, 徳島, 津山, 多度津, 鳥取, 福山, 高知,
境, 呉, 奈良
III 山口, 萩, 尾鷲, 伊良湖, 富山, 飯田, 諏訪, 金沢, 潮岬,
松江, 米子, 室戸岬, 松山, 広島, 西郷, 輪島, 名古屋, 大分,
II 佐賀, 三島, 浜松, 高山, 伏木, 河口湖, 宇和島, 宿毛, 松本,
御前崎, 静岡, 甲府, 長野, 横浜, 熊本, 日田, 都城, 軽井沢,
高田, 下関, 宮崎, 人吉
I 熊谷, 東京, 水戸, 網代, 浜田, 新潟, 足摺, 宇都宮, 前橋,
小名浜, 延岡, 平戸, 鹿児島, 館山, 千葉, 秩父, 阿蘇山,
柿岡(神津島)

なお、震度VIIの地域については気象庁の現地調査結果(2月7日発表)によった。

1.2 余震分布

京大防災研究所による余震の震央分布を示すと図-1.1のとおりである。この図面には、活断層の分布位置も併記してある。これによると、余震は宝塚市から淡路島の一宮町まで北東～南西方向に分布している。とくに、五助橋断層、諏訪山断層、須磨断層、仮屋断層などの分布位置付近に多く発生している傾向がみられる。また、宝塚市の北東を東西に走る有馬・高槻構造線以北には余震がすくないことがわかる。

1.3 地震動記録

神戸海洋気象台で記録された本震の波形を図-1.2 に示す。加速度波形については、NS成分818 gal, EW成分617 gal と著しく大きな水平加速度がえられている。また、上下動成分も332 gal とかなり大きい、水平成分にくらべれば相対的に小さな値となっている。

速度波形については、NS成分90kine, EW成分75kineであるのに対し、上下動成分は40 kineとなっている。

つぎに、関西地震観測協議会の10箇所の地震観測点の最大速度及び最大加速度記録をまとめると表-1.1 のようになる。神戸市本山や尼崎市では波形が振り切れている。加速度の水平動成分と上下動成分の大きさは、あまり差のないものが多い。

自動処理決定された余震の震央分布図

京都大学防災研究所地震予知研究センター

(1月17日より2月7日まで)

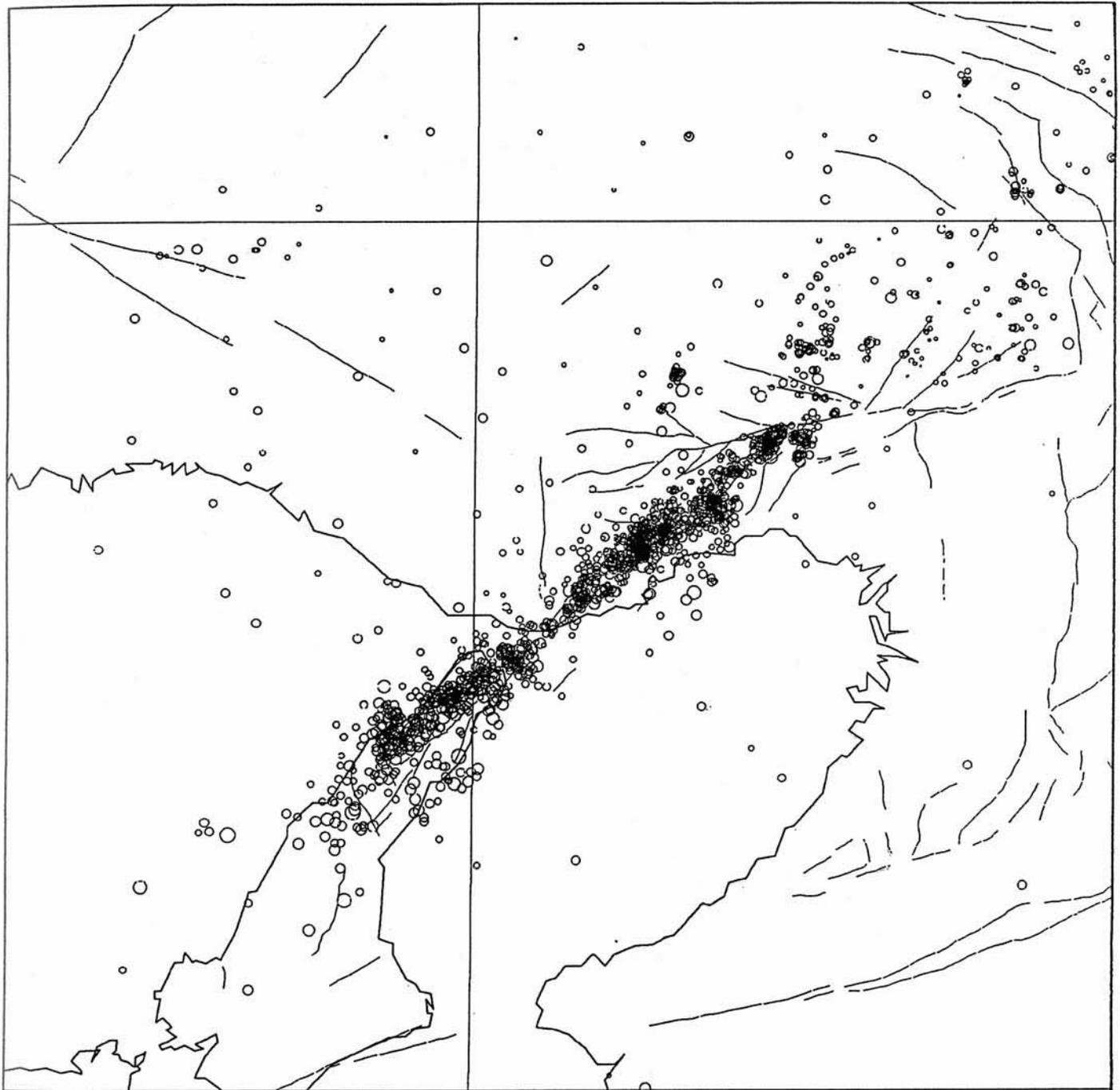
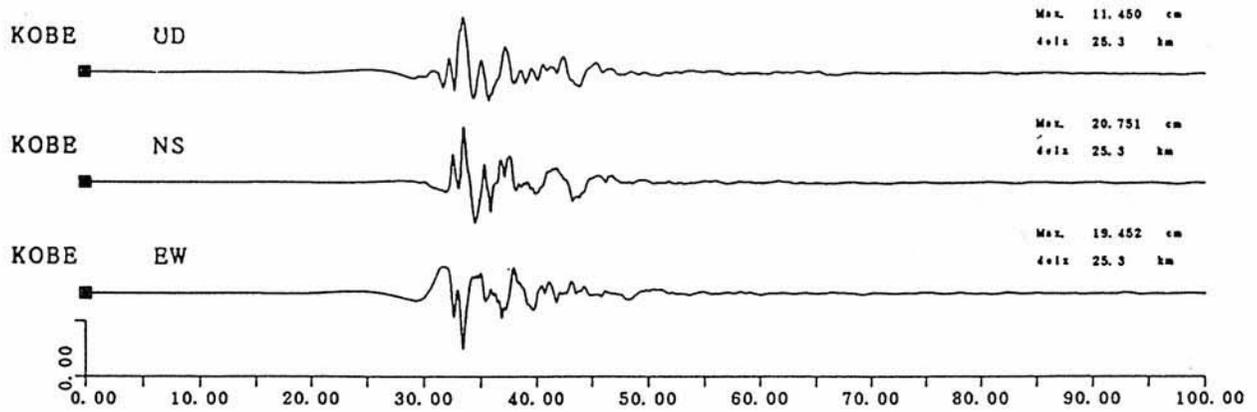
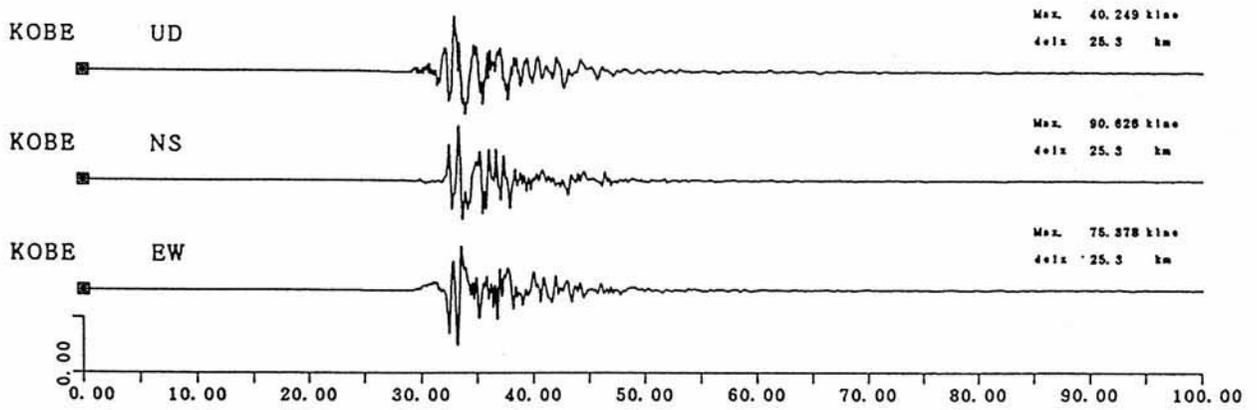


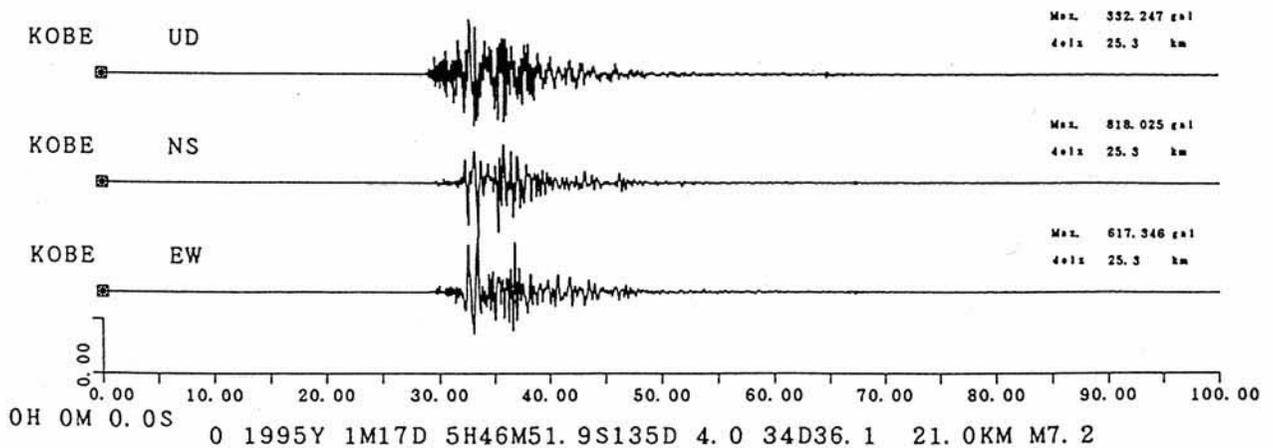
図-1.1 余震の震央分布



変位波形 (神戸海洋気象台)



速度波形 (神戸海洋気象台)



加速度波形 (神戸海洋気象台)

図-1.2 本震の波形記録

表-1.1 地震動観測記録（関西地震観測研究協議会資料による）

観測地点	最大加速度	最大速度	備考
神戸大学工学部	(gal) 269.8 305.3 440.5	(kine) 55.1 31.0 33.2	実験棟トシ
神戸市立本山第1小学校	421.0 ? 774.9 ? 379.3 ?	40.0 ? 40.0 ? 40.0 ?	・屋外階段裏 ・振り切れ
尼崎市立竹谷小学校	271.4 ? 321.5 ? 327.9	40.0 ? 40.0 ? 26.1	・屋外階段裏 ・振り切れ
大阪市立吉野小学校	180.0 211.5 194.8	31.0 29.8 9.6	ポンプ室
東大阪市立森河内小学校	210.1 123.3 158.8	27.1 24.7 6.1	階段下倉庫
東大阪市立弥栄小学校	154.7 144.9 127.1	21.2 21.8 7.0	階段下倉庫
大阪市阿倍野	217.4 226.4 136.2	21.4 24.9 6.3	
堺市立湊小学校	150.2 124.7 100.3	15.9 15.7 6.6	階段下倉庫
忠岡町立東忠岡小学校	290.4 190.1 136.5	24.4 14.7 5.9	階段下倉庫
千早赤坂村立千早小学校	90.6 108.6 73.6	5.2 4.9 2.5	体育館床下 露岩

(注1) 最大加速度及び最大速度：上段 NS成分，中段 EW成分，下段 上下成分

(注2) 本表は，土木学会の阪神大震災震害調査緊急報告会資料（1995.2.8）より作成した。

2. 地形・地質の概要

2.1 地形

神戸市の主要な市街は、六甲山地南東側の山麓斜面と海岸低地部に発達している。六甲山地の最高点は、標高932.1 mに達し、その南側急斜面は階段状となり、また台地や丘陵との境界がはっきりしていて著しい傾斜の急変がみられる。これらの境界には断層が分布する(図-2.3)。

六甲山地の南側斜面には、高位・中位・低位段丘が分布するが、これらの段丘はいずれも山麓扇状地の性質をもち、急峻な山地より排出された花崗岩の土砂で充てんされている。とくに、芦屋川、住吉川、生田川、湊川などの下流部には扇状地がよく発達する。

海岸低地は、標高4 m以下の地域に相当し、現在の海岸線にほぼ平行して、巾数100 m～1 kmにわたって帯状に分布する。

2.2 地質

神戸周辺の地質は、表-2.1 に示すように基盤分類とこれを薄くおおむね被覆層に大別される。基盤分類としては、丹波層群、有馬層群、布引花崗岩、六甲花崗岩より構成される。丹波層群及び有馬層群は、主として六甲山地の北部～東北部に分布する。六甲山地を形成するのは、主として花崗岩類である。花崗岩類は細粒部と粗粒部に区分され、後者は節理の発達が著しく、断層付近は深部まで風化が進んでいる。

被覆層は古い方から第三紀神戸層群、第三紀末～第四紀前期の大阪層群、第四紀の段丘層と沖積層よりなる。神戸層群は主として泥岩、砂岩、礫岩の互層よりなる堆積軟岩であり、六甲山地の西部～西北部に分布する。大阪層群については、下部は砂礫層が多く淡水性粘土層をはさむが、上部は厚い海成粘土と砂礫の互層となっている。大阪層群は大阪湾及びその周辺の陸上部に広く分布し、一部は六甲山地にもみられる。

段丘層は高位・中位・低位段丘層に区分される。六甲山地南麓の高度100～200 mの台地群が高位段丘に相当し、花崗岩の巨礫層が厚く堆積しているところが多い。垂水から明石にかけて分布する明美丘陵を構成する厚い砂礫層も高位段丘相当層である。

中位段丘は須磨付近の山麓に典型的に発達しているが、市街地に入ると山麓の複雑な旧扇状地の地形面となり区分しにくくなる。

低位段丘は、海岸低地の北側に分布する広い平坦面を構成している。

沖積層は下部層と上部層に大別される。下部層は砂礫質で、大阪、尼崎方面ではよく締った伊丹礫層、天満礫層などを覆い、主として大阪湾の南半部に分布している。これに対し、上部層は泥質で「シルト混り粘土層」と記載されるもので貝殻を多量に含む。この地層は下

部層を被覆しながら、主として大阪湾の北半部に分布している。

これらの地質の概略分布図を図-2.1 に示す。

2.3 活断層

六甲山地周辺には断層が集中して分布し、図-2.2 に示すような複雑な断層系を形成している。これらは、いずれも50~60万年前より始まった「六甲変動」とよばれる第四紀地殻変動によって形成された活断層である。淡路島北半部の野島断層をはじめとする断層群もこの系統に属する。

これらの断層は以下の4系統に大別され、それぞれ特徴がある。

NE-SW方向：伊丹断層・甲陽断層・芦屋断層・五助橋断層・渦ヶ森断層・大月断層・布引断層・須磨断層・湯槽谷断層・射場山断層・古々山断層など。

WNW-ESE方向：十万辻断層・名塩断層・藤原山断層・有野断層・大川瀬断層など。

E-W方向：六甲断層・淡河断層(?)・六甲山地南縁の推定断層など。

N-S方向：六甲東縁の推定断層・芦屋断層の北半・高塚山断層・丸山断層など。

六甲山地の南東側では、NE~SW性の断層の発達が著しく、図-2.3 に示すように、五助橋断層、芦屋断層、甲陽断層がほぼ平行に走る。さらに、神戸市街地と背山を画して諏訪山断層が走る。これらの断層の北への延長を切断して有馬~高槻構造線が東西方向に延びている。

参考文献

- 1) 神戸市：神戸の地盤，1980
- 2) 前田保夫：六甲山はどうしてできたか，神戸市立教育研究所，1989
- 3) 活断層研究会：新編日本の活断層—分布図と資料—，東大出版会，1991
- 4) 藤田和夫・前田保夫・吉田久昭：神戸の地質・地形と自然史，神戸市史，1989

表-2.1 神戸地域の地質総括表 (藤田・笠間 1983)

地質年代		地質系統	主な地史
新 四 世 紀	完新世	沖積層(a) 低位段丘(Tl) 中位段丘(Tm) 高位段丘(Th)	沖積平野の形成 段丘の形成
	後期		
新 三 世 紀	更新世 中期	大阪層群 上部段丘群(O ₂) 明美系層 中部段丘群(O ₁) 明石系層 下部段丘群(O ₀)	被 覆 層 第二瀬戸内海時代 瀬戸内湖水時代 瀬戸内系火山岩の噴出
	前期		
代	鮮新世	神戸層群 淡河系層 藍群系層 吉川系層 白川系層 有野系層 多井畑系層(Kl) 岩屋系層(Ki)	古神戸湖の時代 第一瀬戸内海時代
	中新世		
中 生 代	白堊紀	六甲花崗岩(Rg) 土橋石英閃綠岩 有馬層群 布引花崗閃綠岩(Ng) 丹波層群	基盤岩類 塩屋花崗岩(Lg) 洲本花崗閃綠岩(Sg, Sb)
			広島型花崗岩の進入 後期中性代火山岩類の 最盛活動期 鎮西型花崗岩の進入 松久地向斜時代

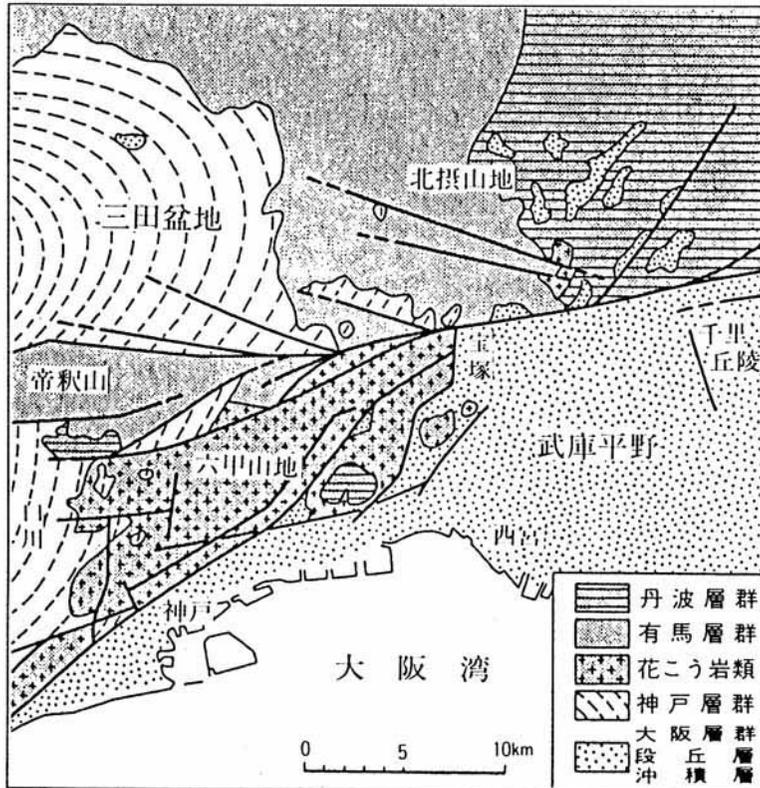


図-2.1 六甲山地とその周辺の地質概要 (藤田・笠間 1975)

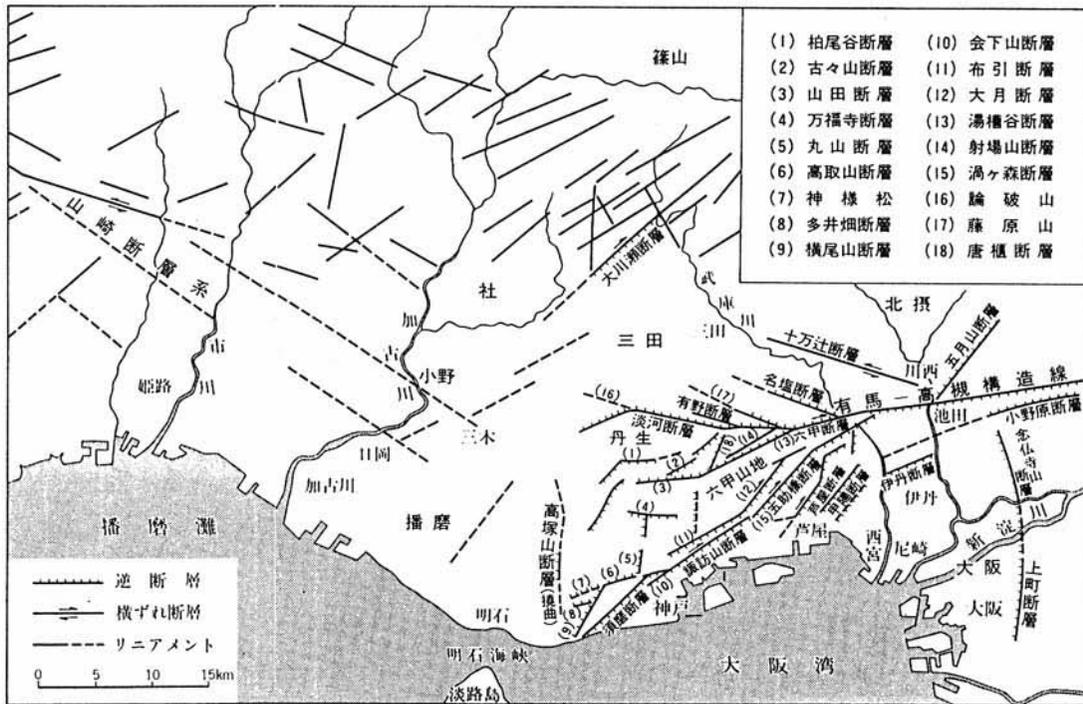


図-2.2 六甲山地とその周辺の断層系 (藤田 1989)

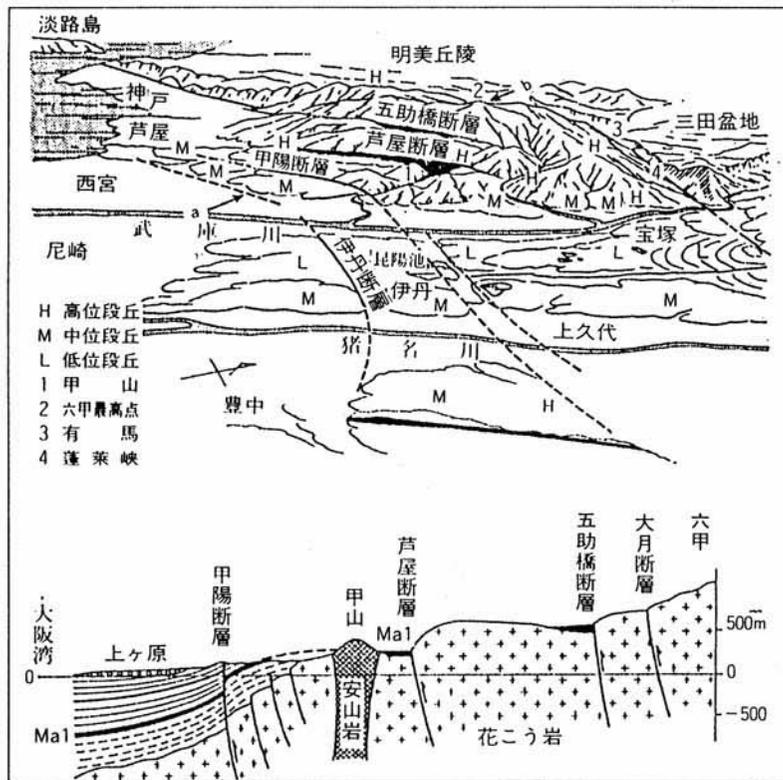


図-2.3 六甲山地東側の階段地形と断層 (藤田 1989)

表 - 2.2 神戸周辺の活断層一覧表 (活断層研究会, 1991より編集)

断層名	確実度	活動度	長さ (km)	走向	傾斜	断層形態	変位基準	年代 (10 ⁴ 年)	断層変位		平均変位 速度 (m/10 ³ 年)
									上下成分 隆起側(m)	横ずれ成分 むき(m)	
六甲断層	I	B	7	EW		高度不連続 直線状の谷 断層露頭	山地高度 花崗岩/流紋岩		S (300)		
大月断層	I	B	12	NE		鞍部直線配列 断層露頭	山地斜面 尾根 崖	50	N (8.5)	R (100)	0.2
五助橋断層	I	B	14	NE		直線状の谷 断層崖	山地 高位段丘	50 20	N (50)	R (400)	0.8 0.3
芦屋断層	I	B	8	NE		断層崖 断層露頭	山地小起伏 花崗岩/大阪層群	100	E (300)	R	0.3
甲陽断層	I	B	5	NE	W	高度不連続 断層露頭 陥没	大阪層群 高位段丘 下部/最上位段丘面	20	NW NW (150)		0.8
伊丹断層	I	B	8	ENE		低断層崖 地下資料	低位段丘 伊丹粘土層	3	N N (7.5)		0.3
布引断層	I	B	10	NE	V	高度不連続 断層露頭	山地斜面 花崗岩		N (100)		
諏訪山断層	I	B	8	NE		断層崖 断層露頭	山地高度 尾根・谷		N (400)	R	
会下山断層	I	B	2	NE		低断層崖 直線状	丘陵高度		S (60)		
丸山断層	II	C	2	NS	W	断層崖 断層露頭	山地・丘陵高度 花崗岩/神戸層群		E (100)		
高取山断層	I	B	2	ENE	S	断層崖 断層露頭	山地高度 花崗岩/神戸層群		S (150)		
横尾山断層	I	B	(1)	NE	E	断層崖 断層露頭	山地高度 花崗岩/神戸層群		SE (150)		
高塚山断層	I	C	(5)	NS		高度不連続 断層露頭	丘陵高度 花崗岩/大阪層群		E (50)		
須磨断層	I	B	(8)	NE		断層崖 断層露頭	山地高度 花崗岩/大阪層群		N (300)		

3. 建築物被害度調査

3.1 被害状況調査

被害状況調査は、1月31日の速報報告と同じ判定方法を用いて実施した。すなわち、木造家屋と鉄筋コンクリート(5～10階)建を対象として、表-3.1 に示した倒壊率の判定ランクによって係数を乗じ、単位面積当りの倒壊率等被害状況程度から、表-3.2 に示したJMA震度階および「超震度7」の設定区分に準じてランク分けした。またJMA震度階および超震度7の目安となる加速度との関係を図-3.1 に示した。

被害状況調査結果の詳細は図-3.4 と図-3.5 に示した。

表-3.1 倒壊率の判定ランク

(1) 木造家屋（モルタル含む）

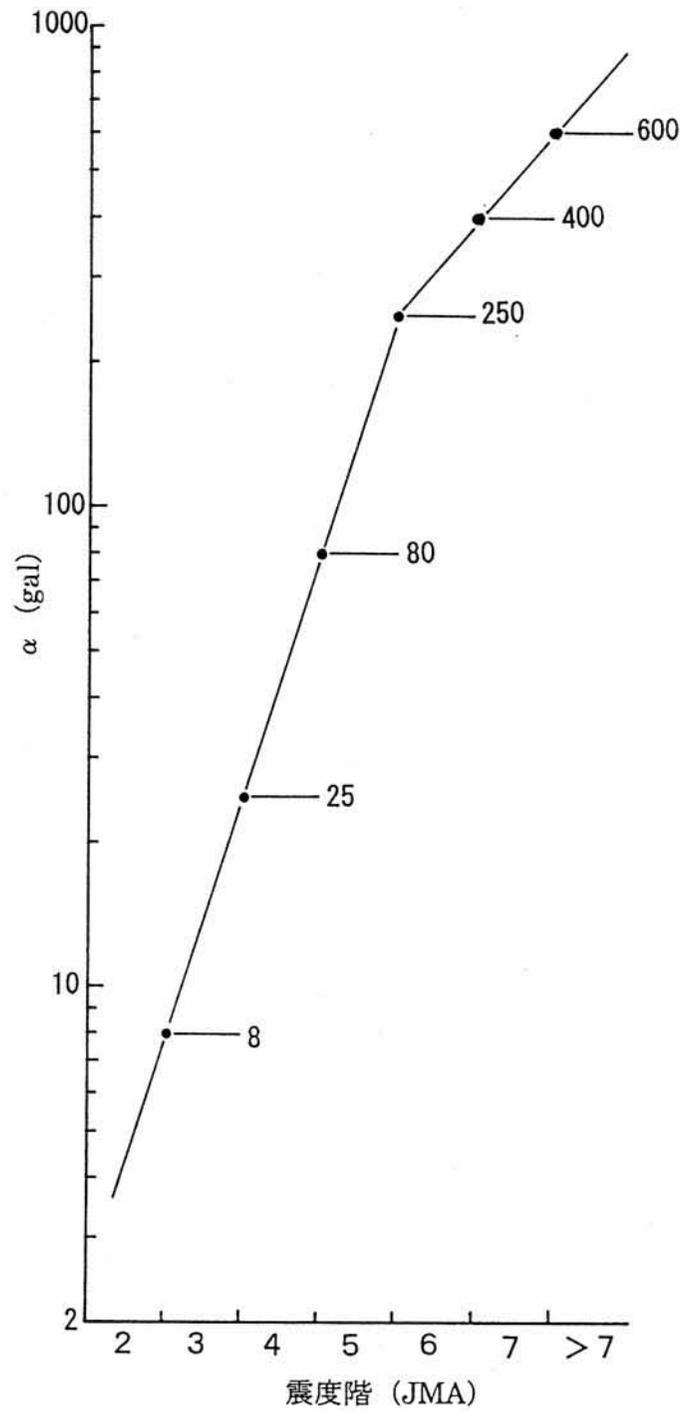
ランク	分類	係数	損壊の程度
1	全壊	1.0	倒壊, 30°以上の傾き, 修復不能
2	半壊	0.5	5~30°の傾き, 瓦ほとんど落失, 修復不能or大々の修理必要
3	損傷	0.1	5°以内の傾き, 壁のひび割れ大, 瓦の落失見られる。復旧可
4	被害なし	0	少量の壁のひび割れ, 瓦の少量の落失あり

(2) 鉄筋コンクリート建屋

ランク	分類	係数	損壊の程度
A	全壊	1.0	倒壊, 傾斜あり, 柱座屈大, 修復不能
B	半壊	0.5	柱, ハリ大幅損傷, 壁大幅キレツ, 修復不能or大々の修理必要
C	損傷	0.1	柱, ハリにキレツ多い, 壁ひび割れ大
D	被害なし	0	柱, ハリにキレツ少ない

表-3.2 震度階区分

震度階 (JMA)	推定加速度 (gal)	説明
5	80 ~ 250	壁に割れ目, 且つ墓石, 石とうろうの崩壊あり
6	250 ~ 400	木造家屋倒壊 30%以下
7	400 ~ (600)	木造家屋倒壊 30%以上
(超7)	(600以上)	木造家屋倒壊 50%以上 鉄筋コンクリート建の損害多い。



河角広の提案式(1949)による。S ≥ 7.0 は下記の式より外挿した。

$$S \leq 5.5 \text{ の範囲 } \alpha = 0.45 \times 10^{S/2}$$

$$5.5 < S < 7.0 \text{ の範囲 } \alpha = 20 \times 10^{S/5}$$

ここに、α : 最大加速度(gal), S : 震度階

図-3.1 震度階と加速度の関係

(1) 概況調査（宝塚市，伊丹市，西宮市武庫川右岸～神戸市須磨区延長 約45km）

この区間での木造住宅の倒壊率30%以下の震度6の被害は，南北方向に1.0～2.0km程度の幅で須磨駅付近から東方向に延々と帯状に延び，夙川以東で北東方向と東南東方向に分岐して延び，武庫川左岸部方面では震度5となって消滅している。神戸駅～元町駅間付近では，一部途切れたり，南北方向の幅は非常に狭く概ね500m程度となっている。

震度7の被害は，JR鷹取駅～新長田駅～兵庫駅付近では，JR線の北側と南側にかけて幅1.0～1.5km，長さ4.5km程度の範囲で複雑に分布している。また，JR三宮駅付近の北側・南側の両側と灘駅では，その南側付近を中心とし，芦屋駅付近までは，南北方向に1.0～1.5kmの幅で列島状に幅広くまた細く分布し，芦屋駅以北では島状に点在している。

超震度7の被害は，JR新長田駅付近，三宮駅付近，灘駅六甲道駅周辺～住吉駅間や摂津本山駅の南側にかけて芦屋川以西の国道2号線沿いに，島状で凸凹した形で分布し，複雑な様子を示した。

芦屋市以東では，芦屋川付近の扇状地性段丘から夙川，武庫川によって開析された沖積低地，台地となっている。

震度6の被害はこの低地，台地を夙川付近から北東方向の17号線沿いと，東方向のJR東海道線沿いの2条に幅広く帯状，島状に分布し，北東方向はさらに伊丹台地の伊丹断層付近や，宝塚市に向って遠く分布する。また，山地側では標高40m以下の谷部に分布している。

宝塚市域の震度6以上の被害は，有馬一高槻構造線に沿って東西方向に細く帯状に分布しており，これらは，旧凹地形などの微地形，沖積層や段丘層など地盤構成，また地質構造などと関係があるようにみられた。

(2)詳細調査（神戸市須磨区～芦屋市 13 測線）

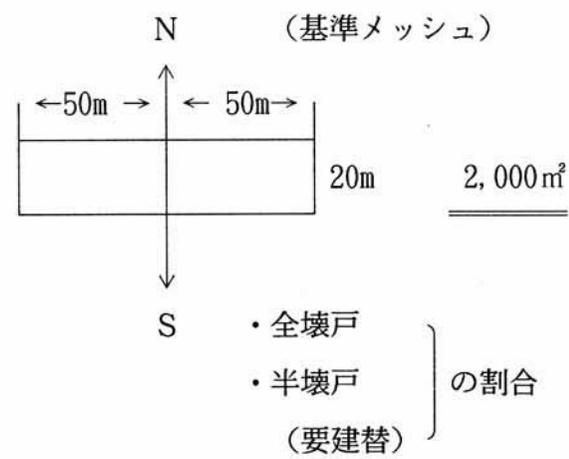
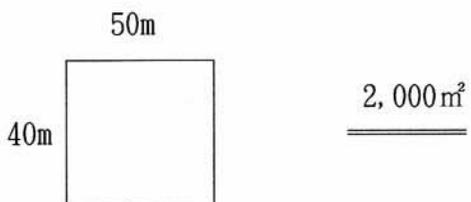
被害度の概況調査に引続き，表-3.3に従って，2000㎡を調査単位とした被害状況の調査を行い，概査の照査（精査）を行った。精査の調査数量（サンプル数）を表-3.4に，精査ルートでの倒壊率の調査結果を図-3.2(1)～(7)に示す。

精査ルートの調査結果によると，灘区から芦屋市内にかけては倒壊率30%以上のゾーンは，概ねJR神戸線付近から国道43号線，阪神高速神戸線の約1.5～2.0kmの間に分布する傾向にあり，概査結果とも対応しているが，倒壊率50%以上のゾーンは，その間で数条に分れて分布（例えばLINE-10ではJR神戸線と阪神高速神戸線付近で幅1.5km間に2条する傾向がみられ，壊れ方の地域特異性を示した。地盤構成の他に建物そのものの特性の要因によること（例えば最近建築プレハブ住宅の多い地区は被害が少い）も考えられる。

LINE-6は三宮付近地区ブロックの超震度7の西側沿いのラインであり、倒壊率20～35%程度が幅1000m にわたって続いた。

LINE-2, LINE-3は、長田区の新湊川を挟むラインであり、何れも倒壊率30%以上の区域が2条から3条に分かれて複雑に分布している様子が判った。

表-3.3 詳細調査の方法

<p>◎ 木造住宅密集地</p> <p>木造住宅 N-S方向に</p>	<p>(基準メッシュ)</p>  <p>20m</p> <p>2,000 m²</p> <p>・全壊戸 ・半壊戸 (要建替) } の割合</p>
<p>◎ コンクリート建造物</p> <p>N-S方向</p>	 <p>50m</p> <p>40m</p> <p>2,000 m²</p> <p>・全壊 ・半壊 (柱バリ, 破損) 修理不能, 要建替 5 割以上 超震度 VII (600 gal ? 以上)</p>
<p>(鉄骨建物は除外)</p>	

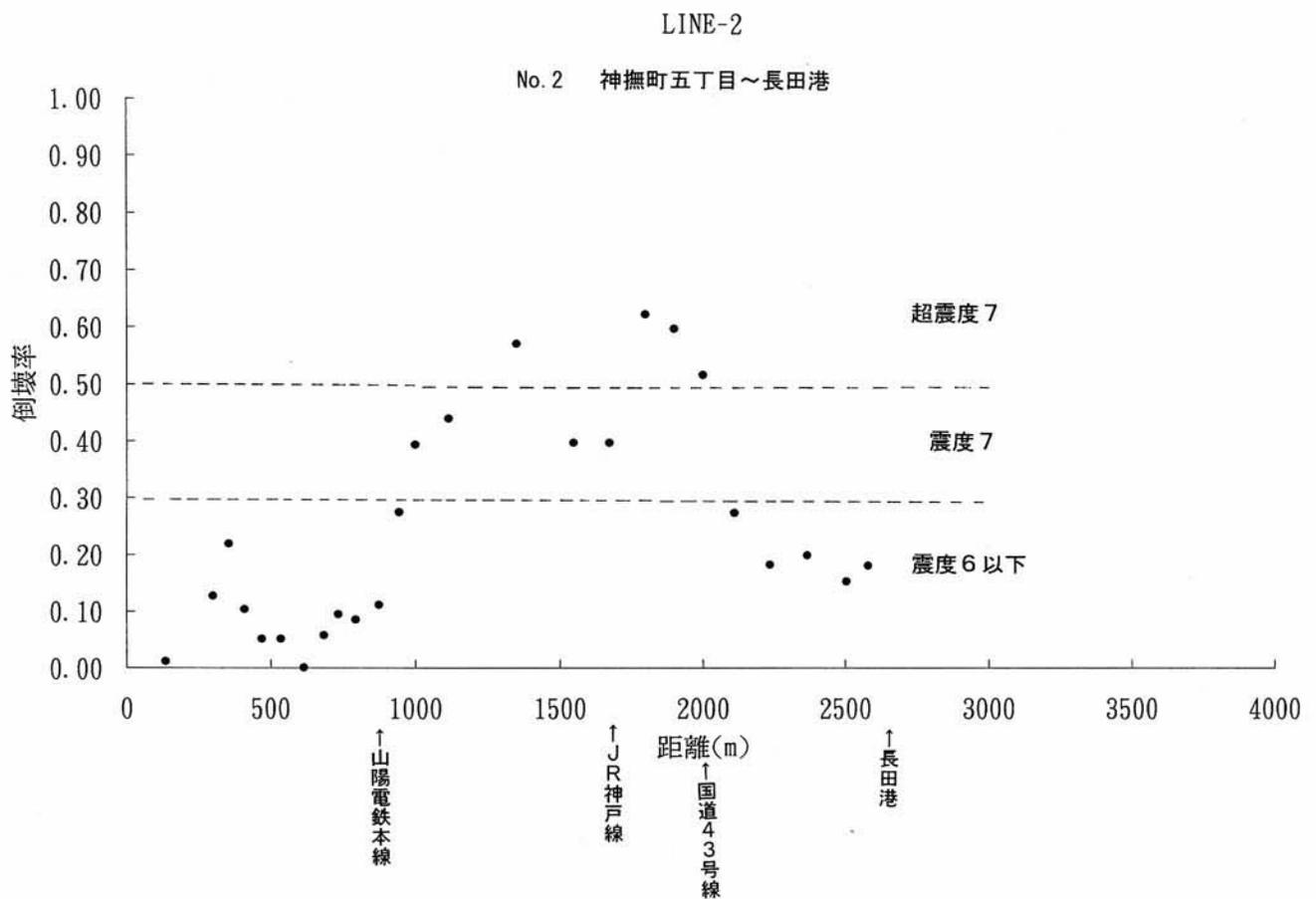
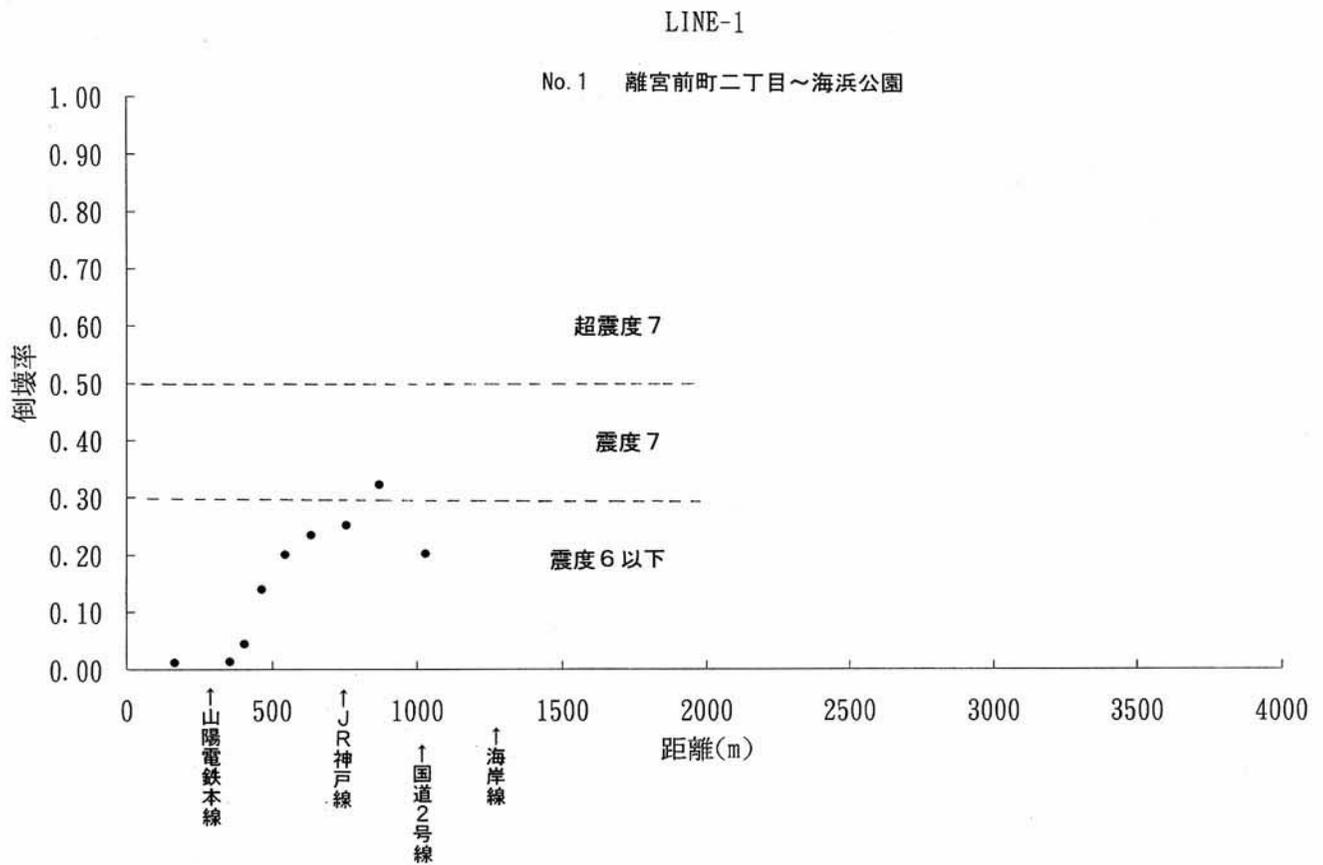


図-3. 2 (1) 精査ルート of 倒壊率調査結果

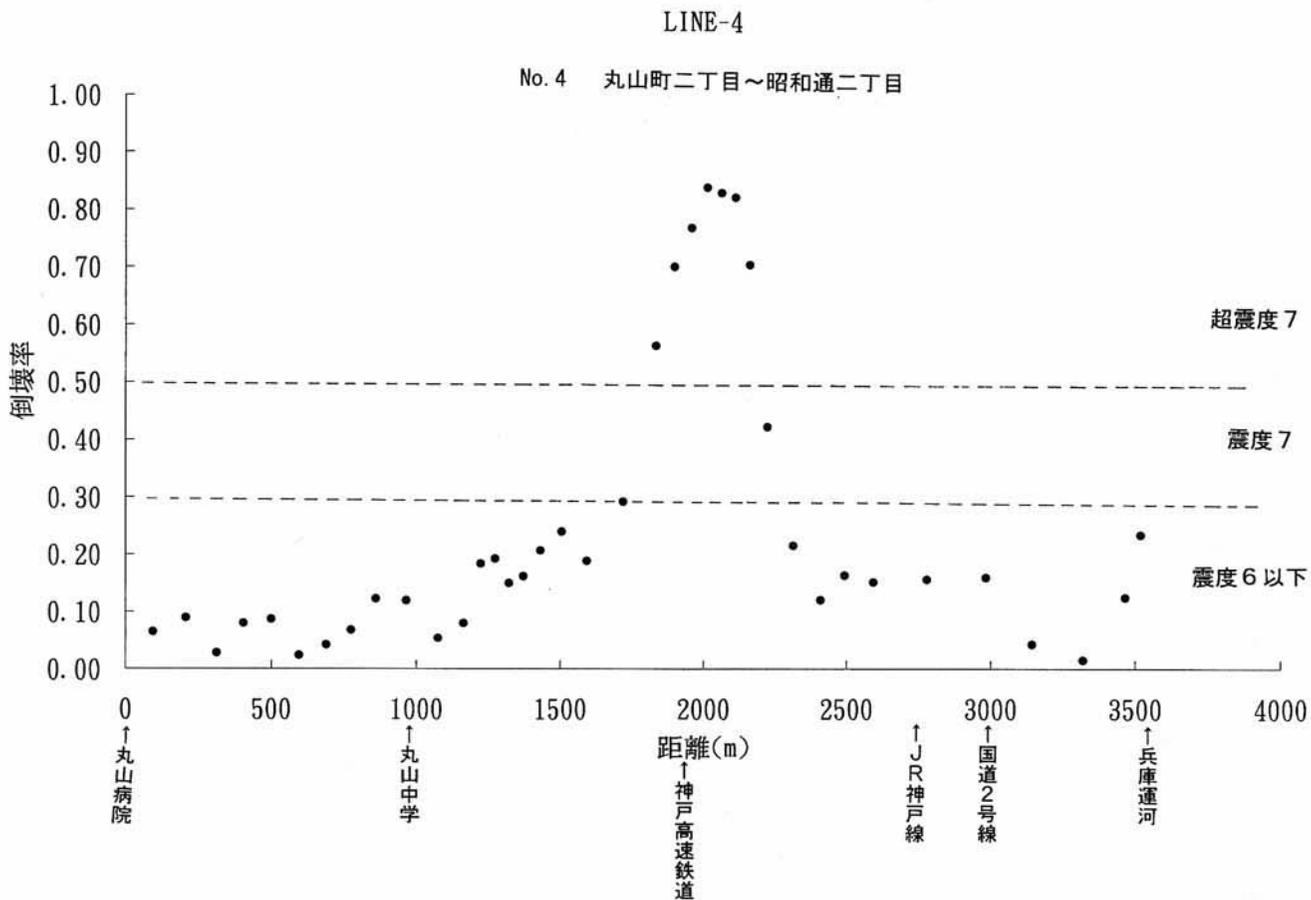
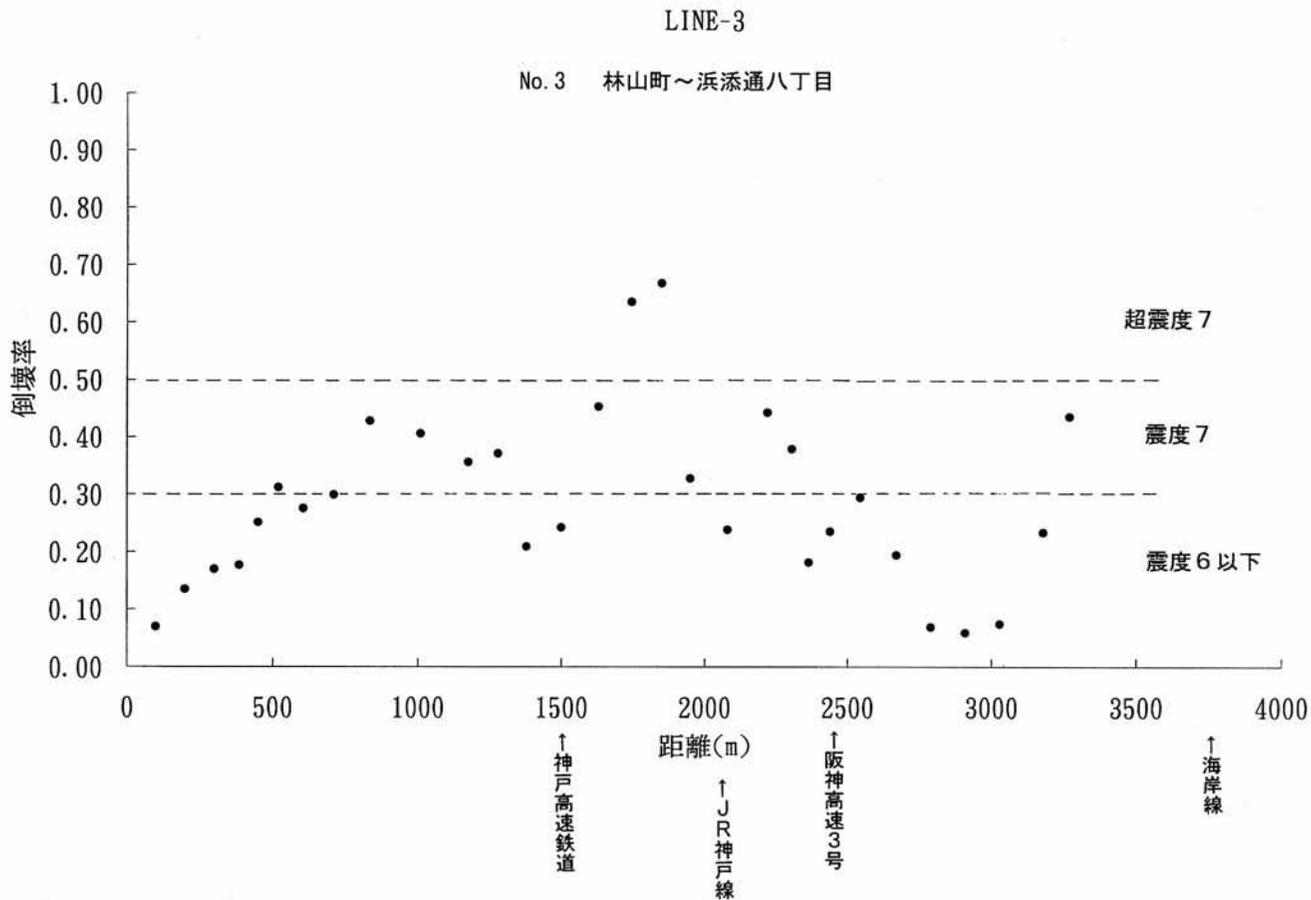


図-3. 2 (2) 精査ルート of 倒壊率調査結果

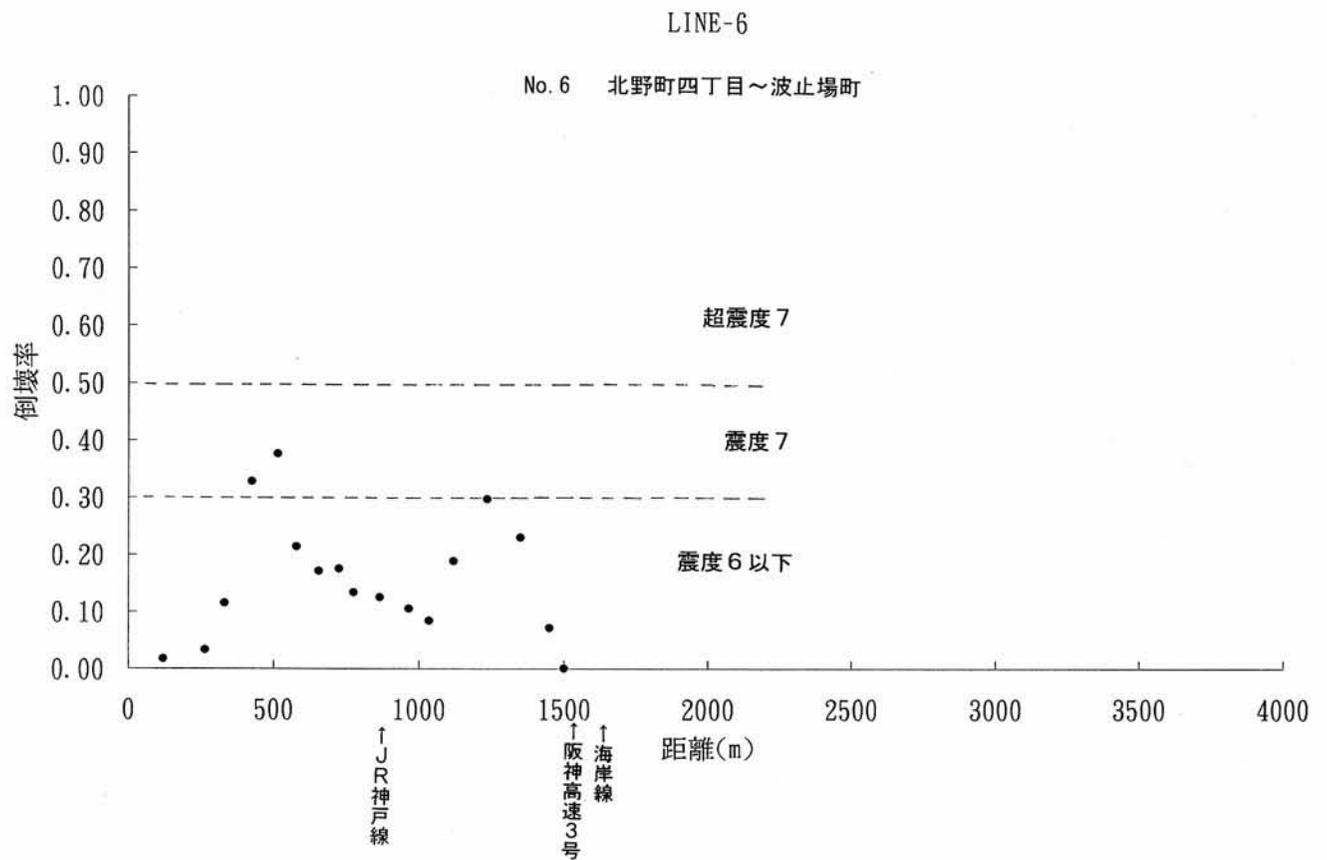
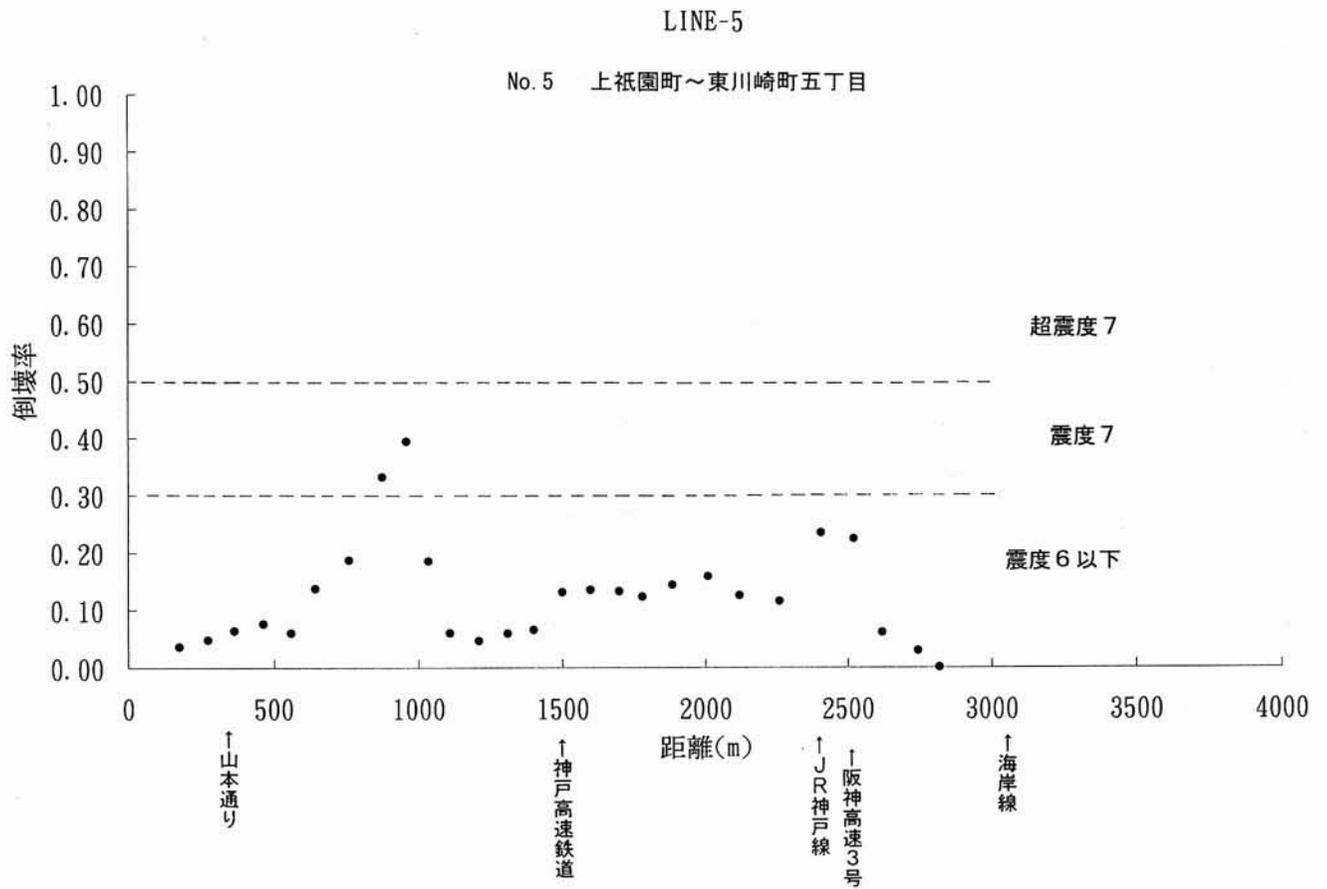
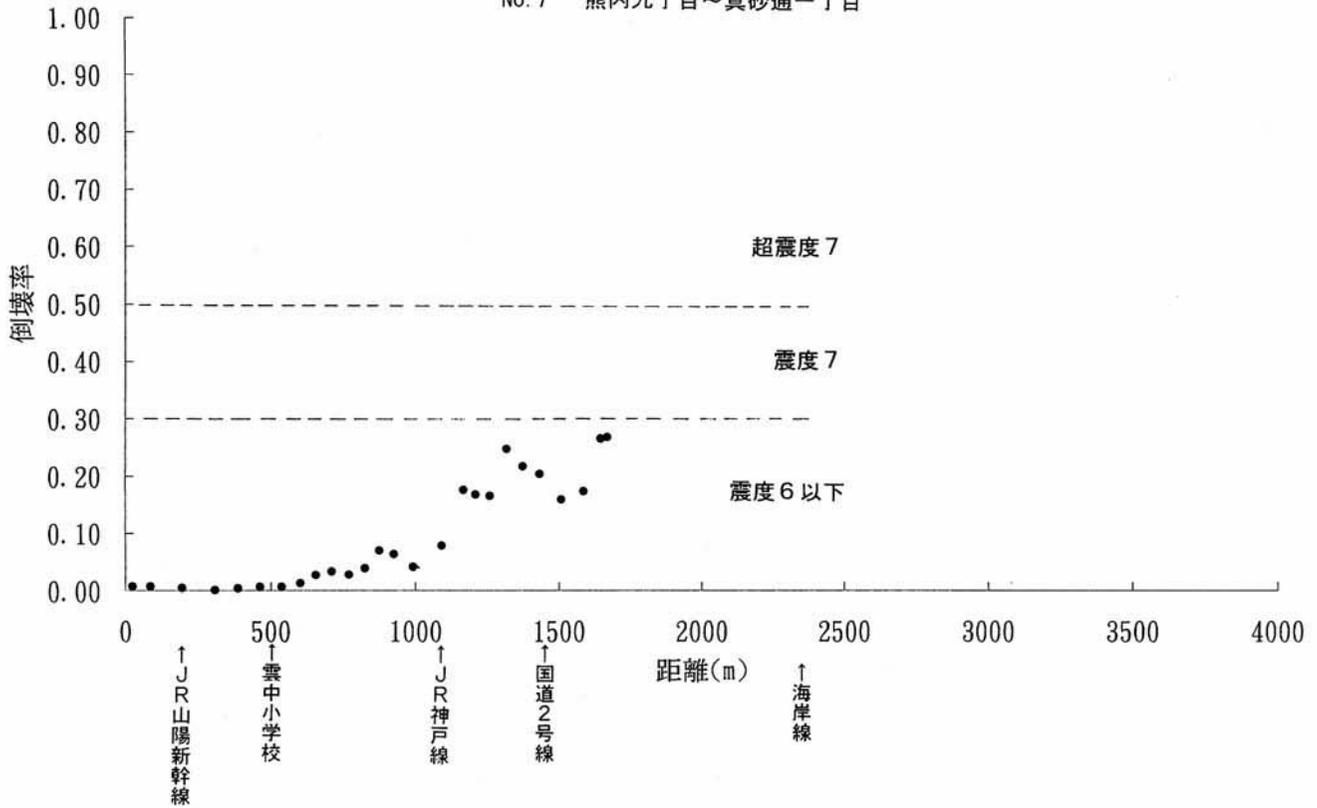


図-3. 2 (3) 精査ルート of 倒壊率調査結果

LINE-7

No. 7 熊内九丁目～真砂通一丁目



LINE-8

No. 8 箕岡通四丁目～日出町

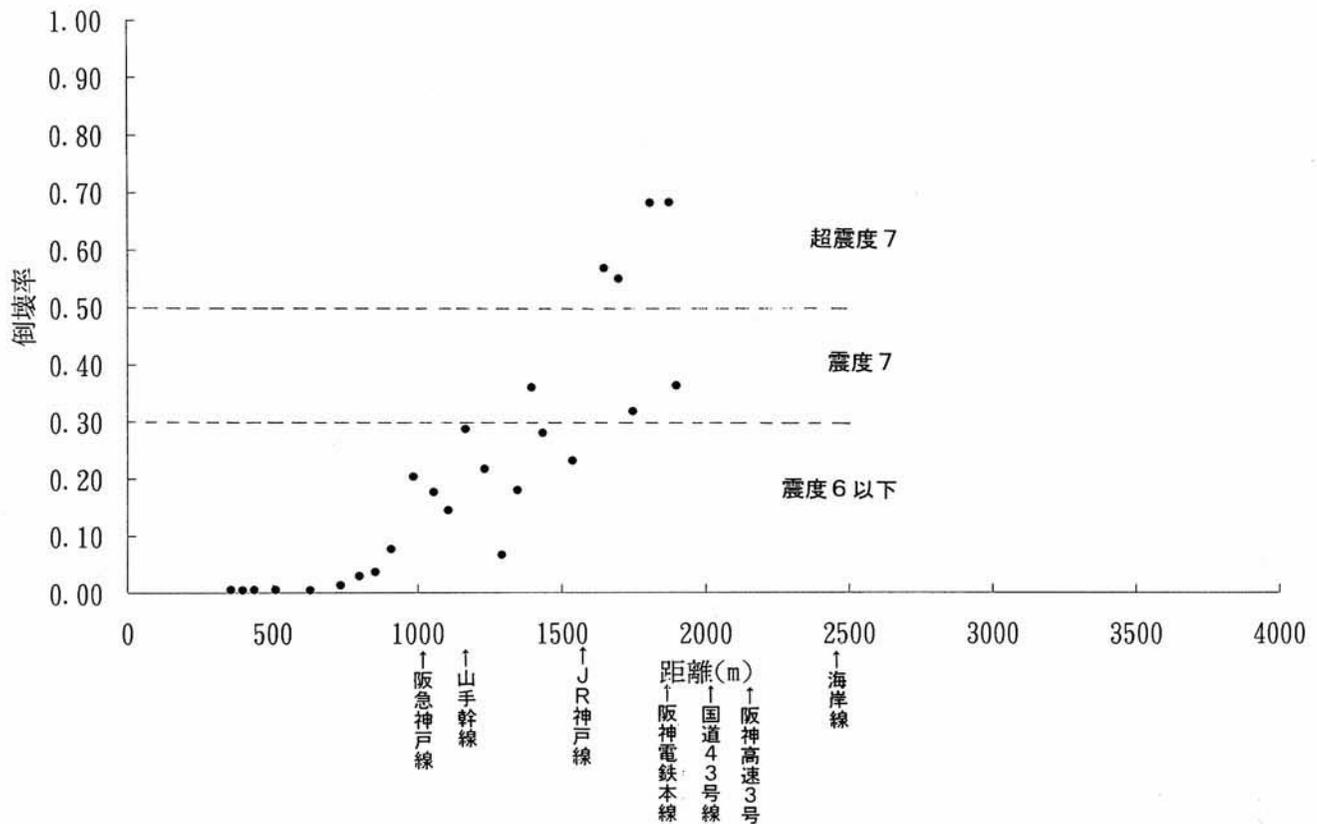


図-3. 2 (4) 精査ルート of 倒壊率調査結果

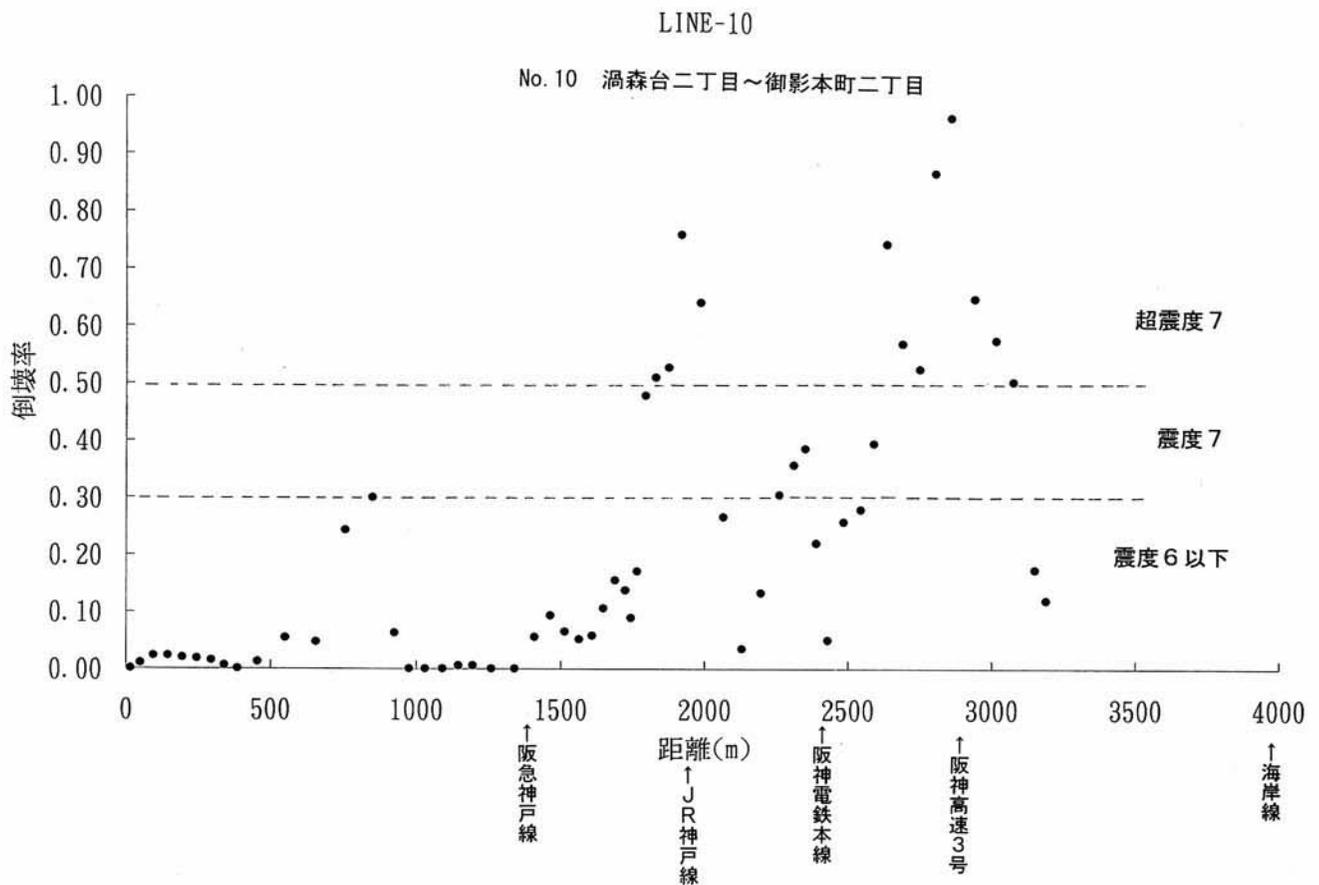
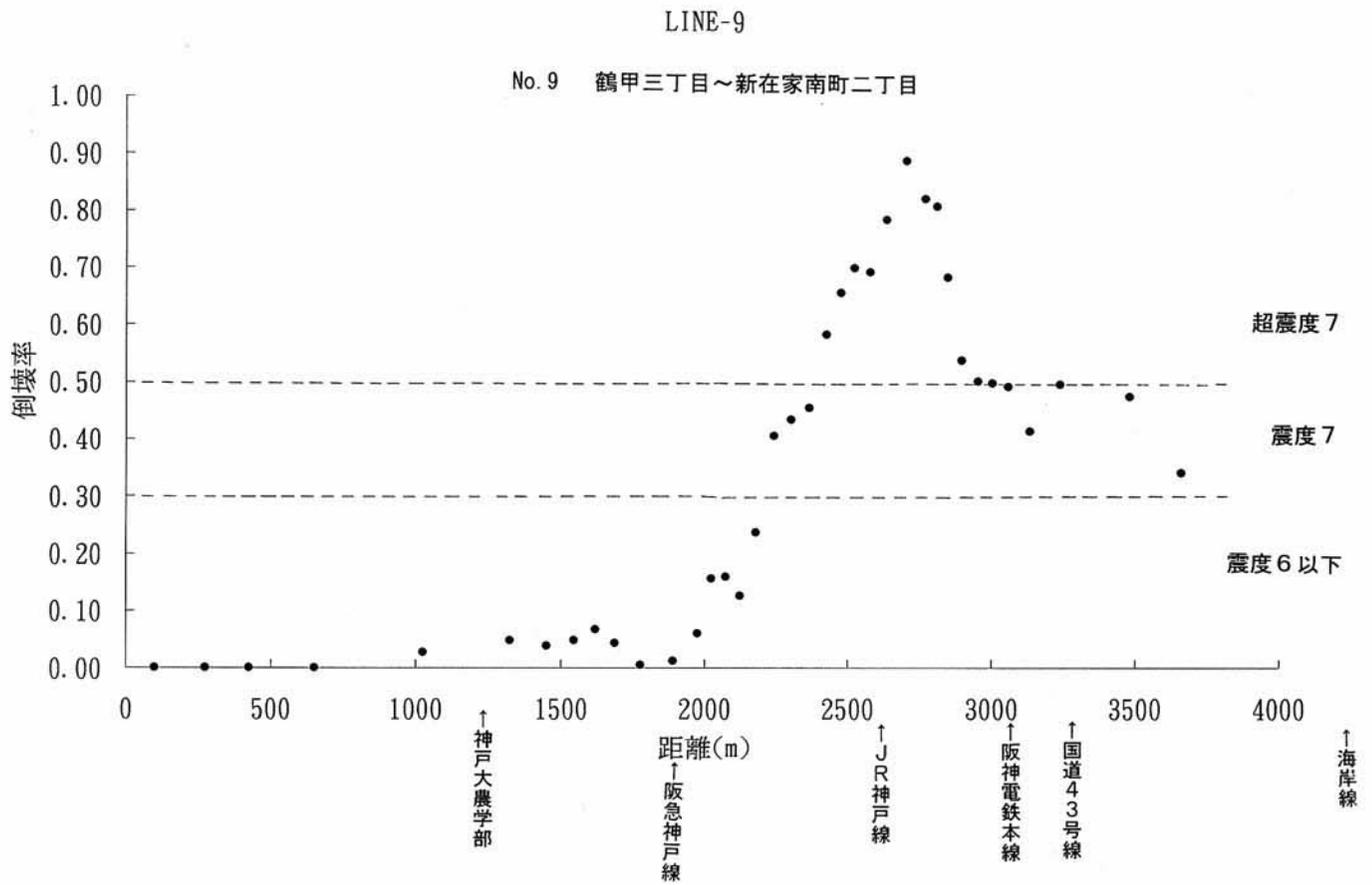
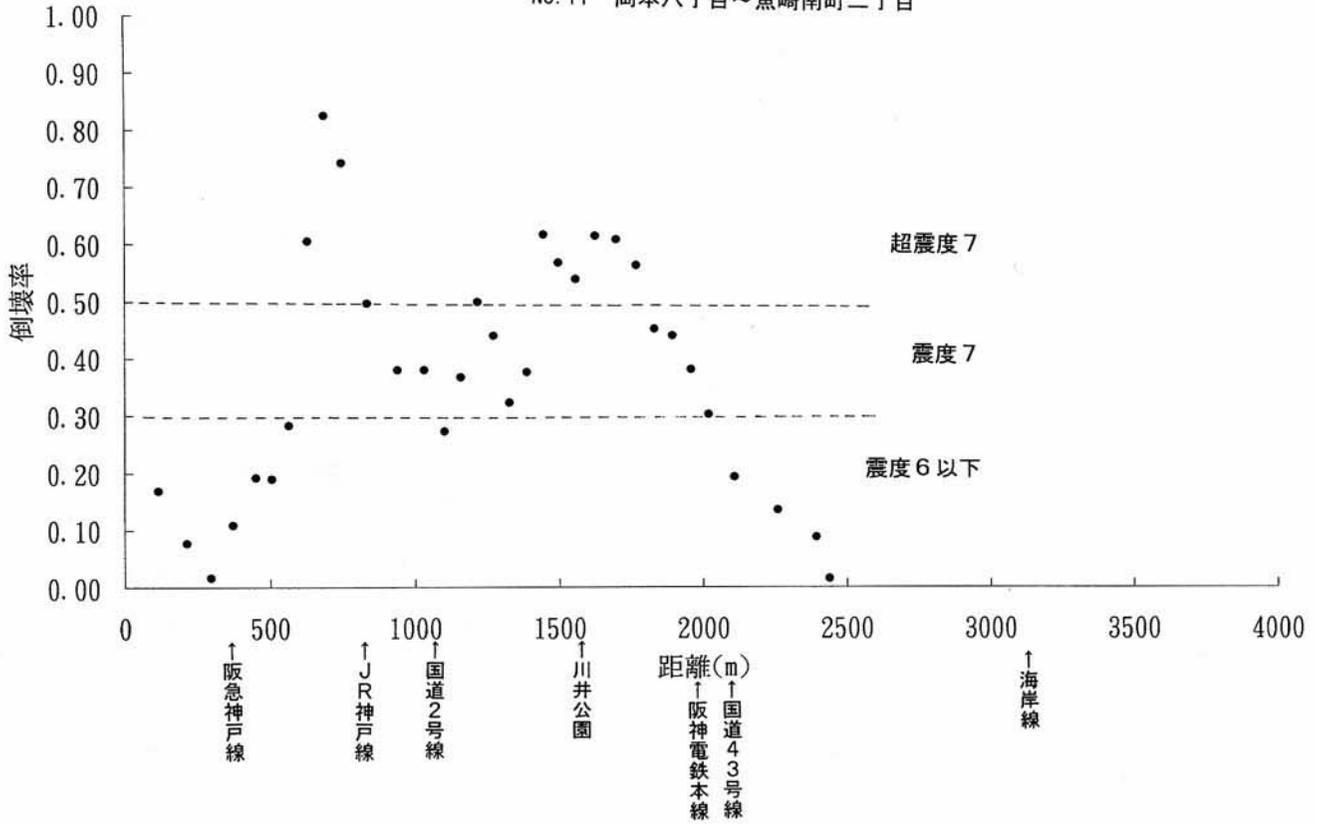


図-3. 2 (5) 精査ルート of 倒壊率調査結果

LINE-11

No. 11 岡本八丁目～魚崎南町二丁目



LINE-12

No. 12 森北町七丁目～深江南町一丁目

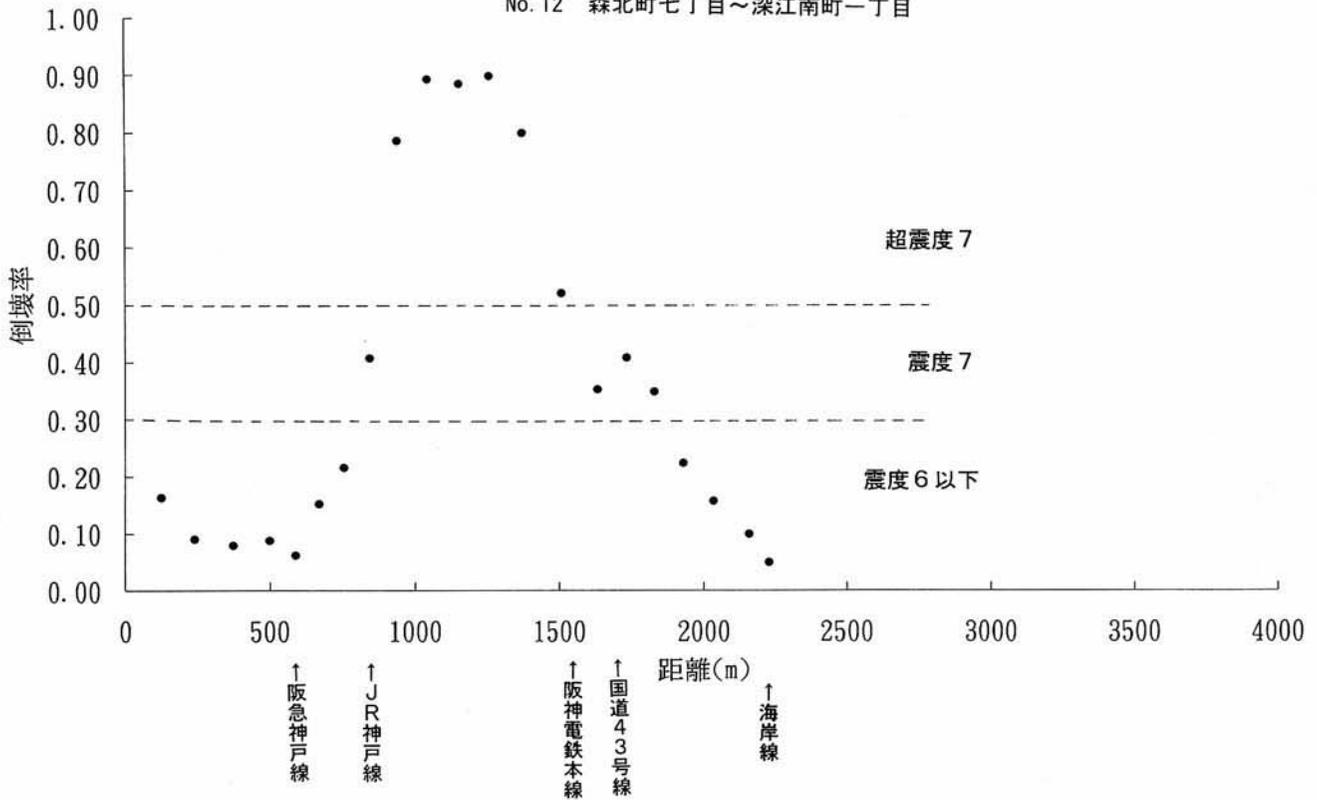


図-3. 2 (6) 精査ルート of 倒壊率調査結果

LINE-13

No. 13 山手町～松浜町

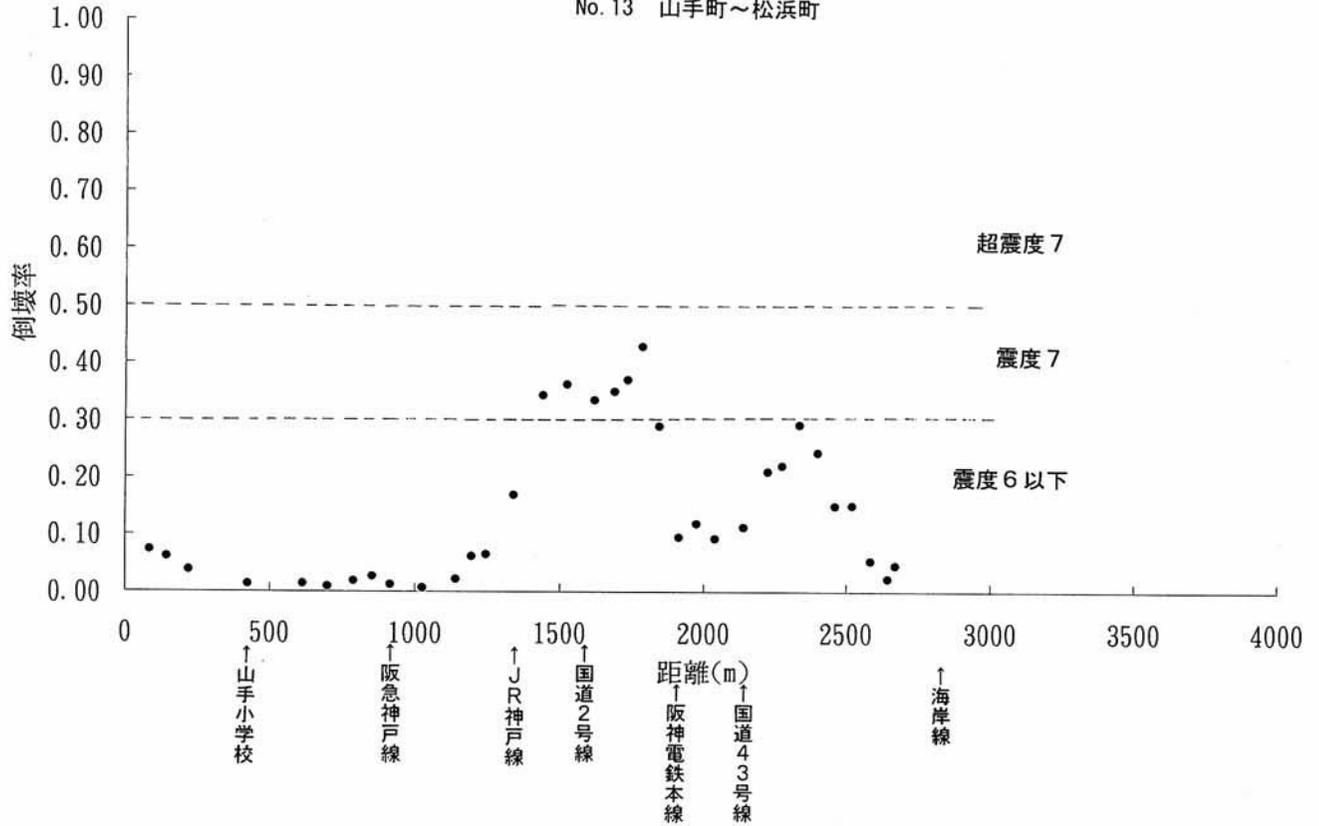


図-3. 2 (7) 精査ルート of 倒壊率調査結果

表-3. 4 精査の調査数量 (サンプル数)

断面軸	木造建 (棟)	鉄筋建 (棟)	計
LINE-1	257	26	283
LINE-2	684	86	770
LINE-3	669	237	906
LINE-4	687	87	774
LINE-5	521	332	853
LINE-6	193	216	409
LINE-7	431	148	579
LINE-8	735	71	806
LINE-9	697	79	776
LINE-10	511	224	735
LINE-11	630	78	708
LINE-12	702	105	807
LINE-13	802	47	849
計	7,519	1,736	9,255

3.2. 神戸の地質・地盤と被害の関係

神戸の地質・地盤と被害との関係の詳細を把握する目的で、下記の図を添付した。

- ・ 図-3.3 (a) 神戸市付近の地盤断面 (モデル断面)
- ・ 図-3.3 (b) 神戸市付近の地質断面 (モデル断面)
- ・ 図-3.4 接峰面図 (藤田和夫他「神戸市の地形地質」より) と被害度図 ($S = 1 / 10$ 万)
- ・ 図-3.5 (a) 被害状況と古地図 (神戸東部～西宮) ($S = 1 / 5$ 万)
- ・ 図-3.5 (b) 被害状況と古地図 (神戸西部～中央部) ($S = 1 / 5$ 万)
- ・ 図-3.6 縄文海岸線および地形・地質分類と震度7以上の分布域
- ・ 図-3.7 (a) 地震被害と表層土質の関係 (長田区)
(b) 中央区の古地図と震度7の分布域
(c) 灘区・東灘区と古地図と震度7の分布域
- ・ 図-3.8 阪神高速道路神戸3号線沿いの地質断面図
- ・ 図-3.9 (a)~(c) 南北方向の地質断面と震度の関係

以下、これらの整理図を基に、地質構造と活断層及び地形・地盤と被害の関係について報告する。

3.2.1 地質構造と活断層

神戸市の北側には、標高1000m級の六甲山地が東西に長く連なっている。この六甲山地の形成は、過去100万年間の山地の上昇運動によるものであり、山地と平地との間の山麓にはその運動の所産である断層が数条発達分布しており、六甲断層系と称せられるA、B級の活断層である。南西部から北東方向に向って、須磨～会下山～諏訪山～五助橋～芦屋～甲陽断層等一連の断層が雁行状に分布しているのが知られている。このうち芦屋断層、甲陽断層は、山麓部から平地に向って西に延び、甲陽断層は芦屋市と神戸市境付近、芦屋断層は東灘区、灘区付近で平野地下に埋没し、西から西南西方向へ向って延びているものと推定されている。また、阪神高速線等の調査で住吉川付近で1本、メリケン波止場付近で2本の大阪層群中の地層のずれが見つかり、神戸市平野地下にも活断層の存在する可能性が大きいとみられている。地震断層となった淡路島の断層系の野島断層や仮屋断層、大阪湾断層は、六甲山の断層系と平野地下或いは海底地下で連なっているものとも推定されている。

これら活断層が分布するとされている所では、部分的ではあるが、例えば芦屋断層、甲陽断層、諏訪山断層、渦ヶ森断層の付近で、北東から南西方向の10～15m幅程度の細長い帯状の建物、土木構造物等の倒壊や地割れ、クラック等の発生、また、断層線沿いの斜面崩壊、

落石等が各所でみられた。

震源は、気象庁発表の明石海峡を震源とする以外に、山地の六甲断層系や平野地下の活断層が地震断層（即ち震源域）となったため、JR神戸線南側にかけての東西方向帯状の被害を特に大きくしたとの考え方もできるものである。

3.2.2 地形・地盤との関係

図-3.4 は接峰面図と、図-3.5 は古地図と被害度の関係を示したものである。これによると震度7の分布域は須磨、長田、兵庫区では標高20m以下、中央区では30m以下、灘、東灘区では40m以下、芦屋、西宮市では20m以下となっており、神戸市区域では西から東に向かってその分布域が高くなっており、東六甲及び西六甲山地の隆起状況と地形区分とは、よく一致している。

明治前期までの集落をみると、壊滅的な被害を被っている所もあるが、概して付近に比べると被害が少ない。昔の人は自然堤防や砂州など微高地に住んでいた可能性が高く、地盤が良い所を選定していたのであろう。

被害分布を古地形と照らし合わせると地形・地盤がかなり影響していると考えられる。

(1) 神戸市域

JR神戸線は、明治初期の古い建設であり、古地図（明治18年陸軍参謀本部作成）によると、中部更新統から始まった六甲山系からの土石流堆積物から成る扇状地性段丘堆積物と、その南側に分布する低位段丘或いは、沖積低地との地形傾斜の変換点付近の標高10～20mの地形等高線に沿って、東西方向にゆるくカーブしながら布設されている。この等高線が山側（北側）に寄った緩扇状地にあたる扇間帯は、砂質土、細粒土から成っており、それに位置するJR六甲道駅、春日道駅付近の被害の大きいのが目立った。一方、扇状地の扇芯中央部や扇端部にあたるJR住吉駅、摂津本山駅の北側では、50cm～1m大の玉石巨レキを多く含む玉石混砂レキ地盤の分布する地域であり、比較的被害が少ないが、JR線南側の低位段丘層か、沖積層の堆積が始まる地点付近から幅1.5kmにわたって被害が特に大きく（超震度7）なっているのが特徴的である。

このJR線の南側、国道2号線から国道43号線沿いにかけては、6000年前の縄文海岸線（標高5～6m）の分布が知られている。この海岸線の南側から沖積層の海成堆積物の厚くなる箇所での被害は、比較的軽く（震度6）なっている。

中央区のJR新神戸駅から三宮駅にかけては、かつての旧生田川の流心にあたり、昭和13年の阪神大水害の際に、住吉川等と共に多くの土石流堆積物が、六甲山地から平地に流れ込み、流心沿いの平地は一気に埋没し、現在は天井川となって残っている。この旧水系では、洪積時代からの長い期間の下刻作用によって深い谷筋ができており、三宮ビジネス街一帯は

沖積層が比較的厚く堆積（厚さ 5～15m）している地域でもある。三宮地区の被害は特に甚大であった。駅北側の繁華街の木造家屋の全倒壊 100%区域から、南側通りのビジネス、商店街の中・高層鉄筋コンクリートの建屋の支柱、梁等の座屈、せん断破壊等による 4～5 層部や 1層部の圧壊、倒壊が目立った。正しくこの地盤構成つまり沖積層と段丘層が厚いこと、この地域の東西方向周辺にはやや硬い大阪層群が分布していることなどによって地盤振動を大きくし、また振動方向の時間変化を複雑にしたものと考えられる。

J R元町駅から神戸駅付近、特に山手台地の兵庫県庁、神戸海洋気象台付近に来ると、被害は激減し、皆無に近かった。山手台地は、六甲山麓を走る諏訪山断層に近い箇所に位置し、標高20m以上の台地部は高位段丘面であり、大阪層群が分布する。被覆層は比較的薄く、基盤が浅い（600 m程度？）と推定されている地域である。

J R長田区の兵庫駅からさらに新長田駅付近の被害は甚大であった。地震後火災が発生し、多くの建物が焼失したが、火災発生前でも、倒壊率50%以上の区域が面的に広く分布していた。新湊川流域付近は、標高 6m以下の沖積低地が山陽電鉄線南側付近まで入り込み、この付近は旧湊川の開削と下刻作用によって北部域まで広い平地を形成している。軟弱地盤が広く厚く（沖積層+段丘層の層厚約15～20m）分布する地域でもあり、被害の範囲を特に大きくしたと言える。

図-3.7 (a) は、表層 5 m以浅に分布する土質と建物被害分布（震度 7，超震度 7）を示したものである。軟弱粘土の分布域と震度 7以上の分布域が良く一致しており、長田、兵庫区の被害は表層に分布する軟弱な粘土層が強く影響していると判断される。

なお、この図で山地部において軟弱粘土が分布している所は盛土地盤と考えられる。また、震度 7の分布が兵庫区で山側に寄っているのは、会下山断層の影響か、盛土地盤が悪くて被害が大きかったか、のどちらかは今のところ明確ではない。

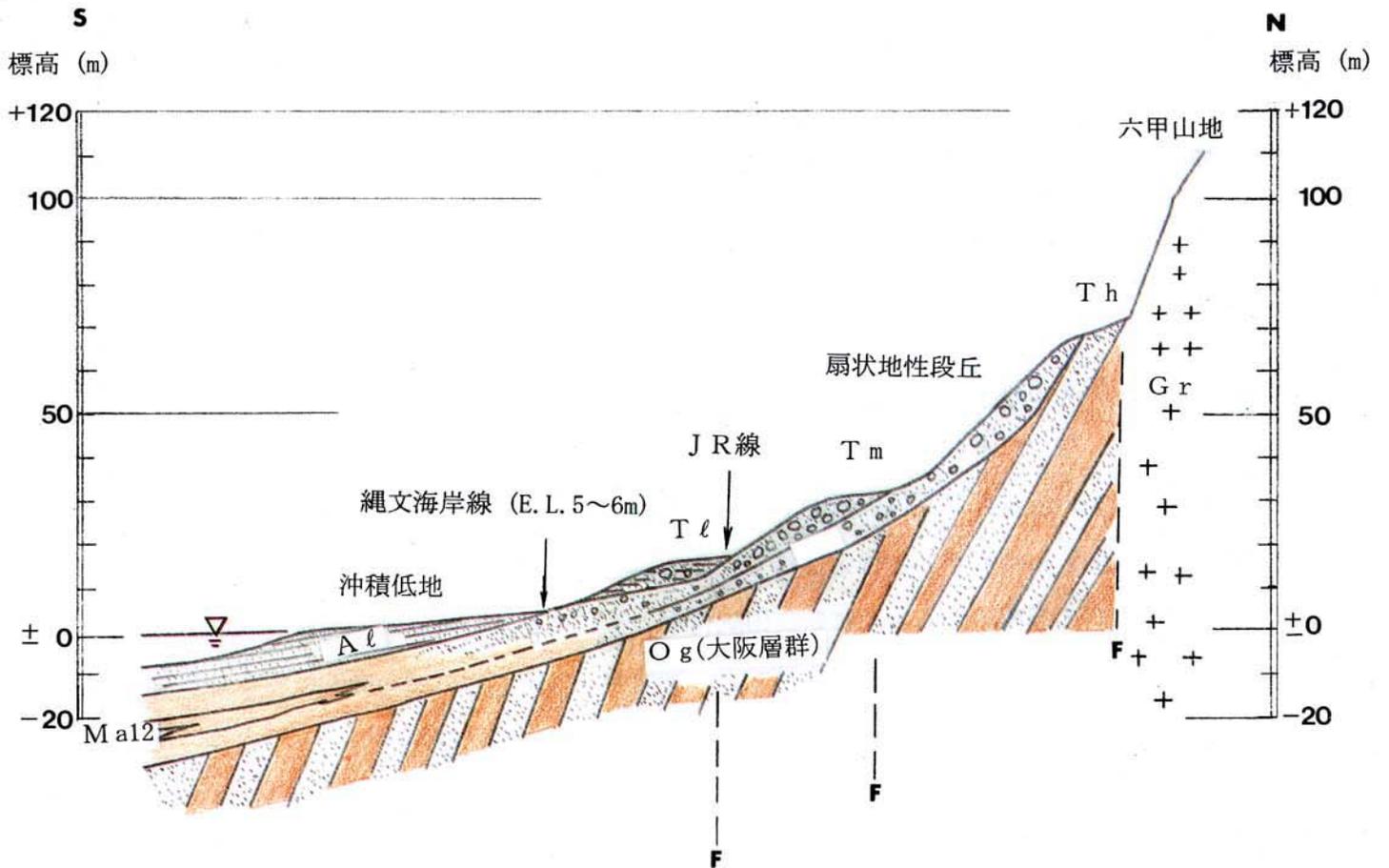
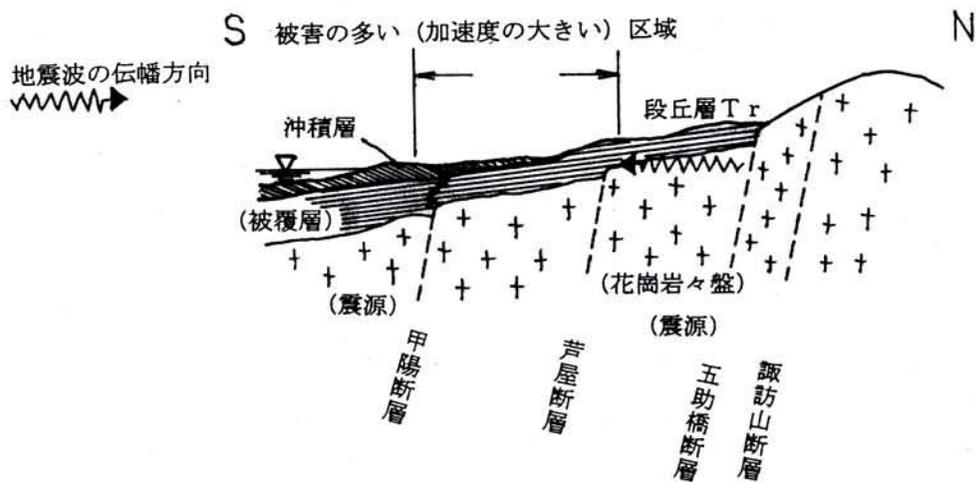


図-3. 3 (a) 神戸市付近の地盤断面 (モデル断面)



(地震波は淡路島の震源から建物に到来したのではなく、基盤、或は六甲山の活断層の震源域から被覆層を通して増幅しつつ伝播し、地上の建物に到来したものと思われる。)

図-3. 3 (b) 神戸市付近の地質断面 (モデル断面)

- 凡 例
-  標高 40m
 -  標高 20m
 -  震度 5 (壁に割れ目がある)
 -  震度 6 (木造住宅の倒壊率30%以下)
 -  震度 7 (木造住宅の倒壊率30%以上)
 -  超震度 7 (木造住宅の倒壊率50%以上で
鉄筋コンクリート建物の倒壊が多い)

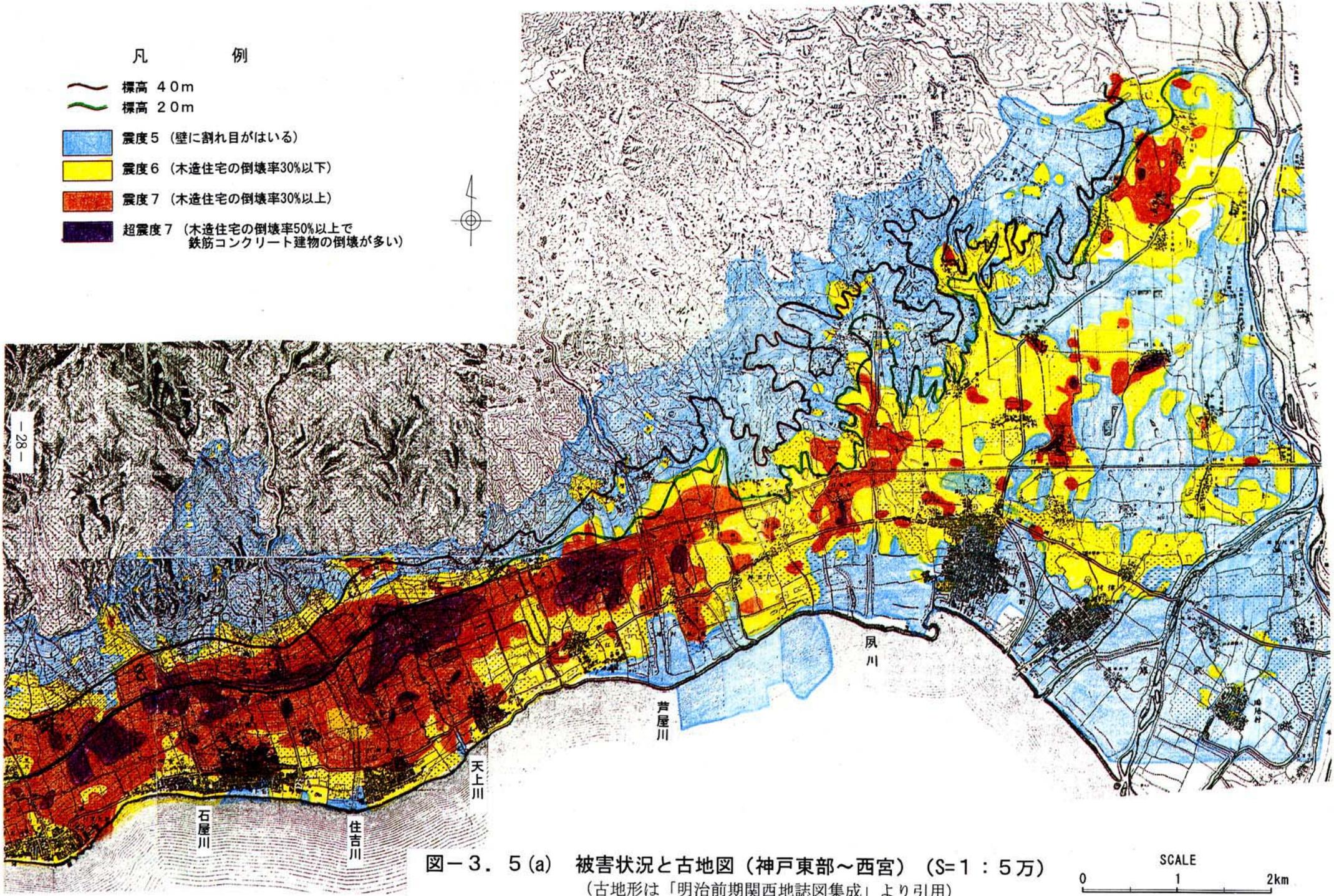
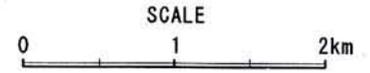


図-3. 5(a) 被害状況と古地図(神戸東部~西宮) (S=1:5万)
(古地形は「明治前期関西地誌図集成」より引用)



← 西部く中央部に続く

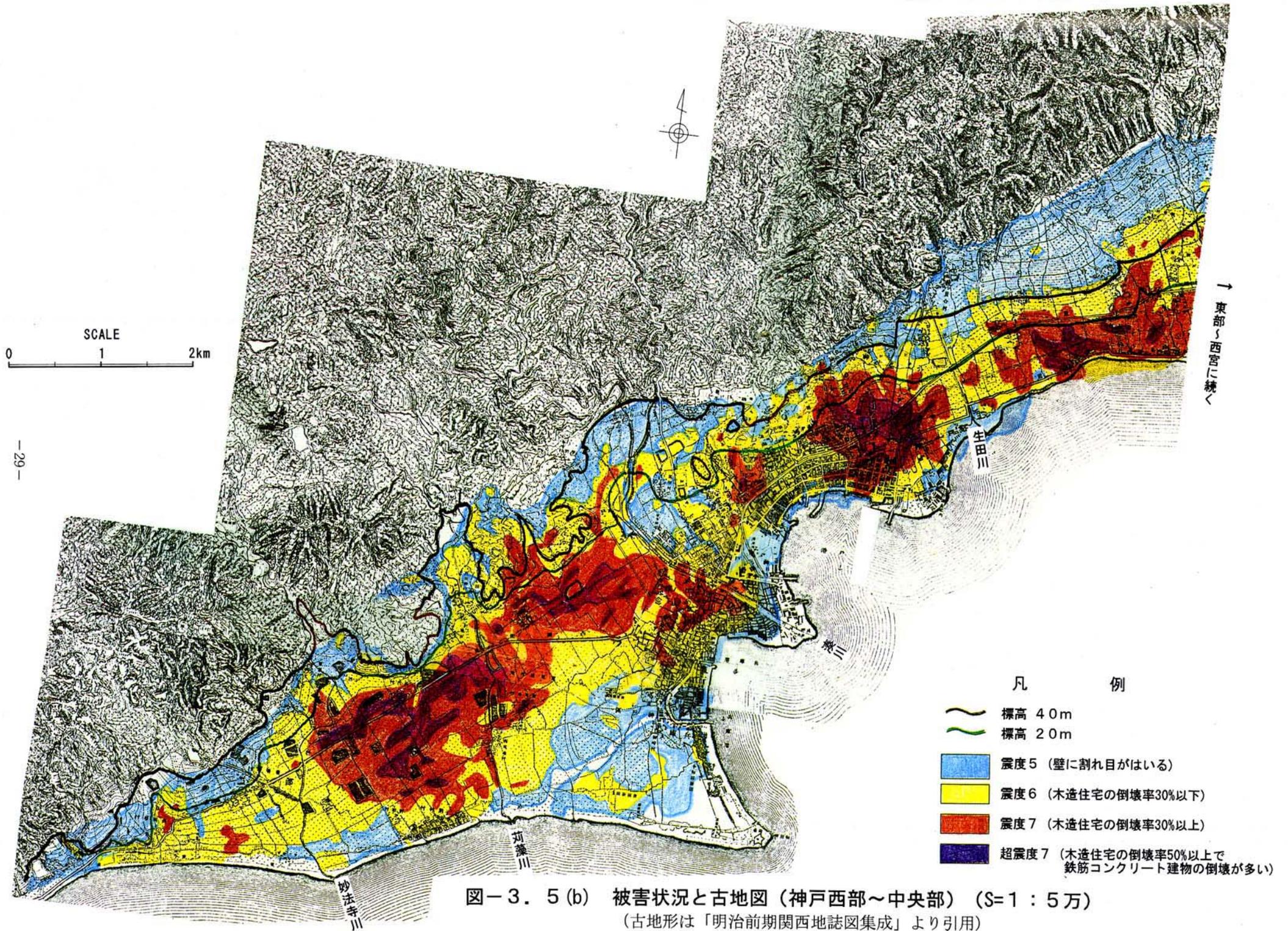
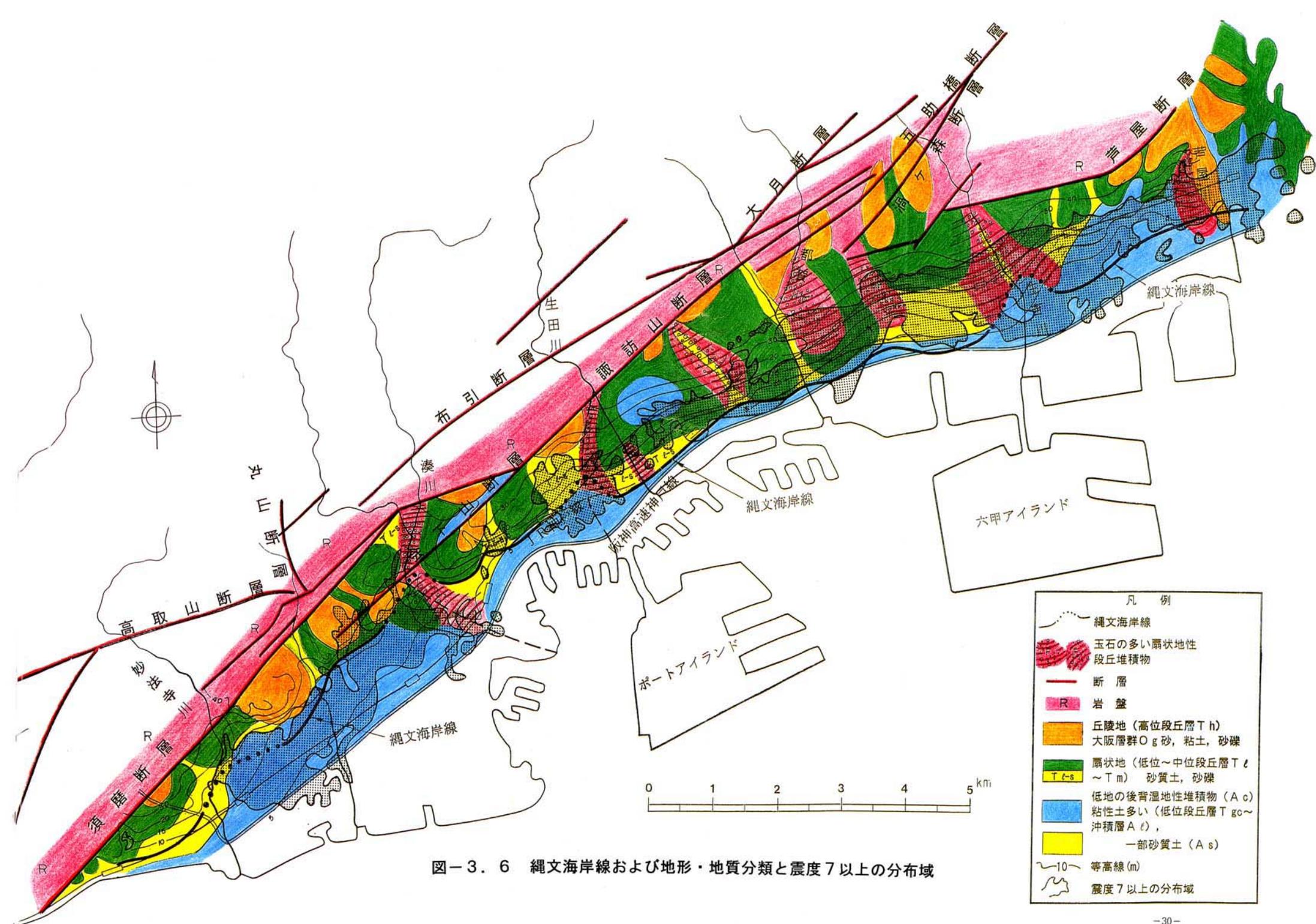


図-3. 5 (b) 被害状況と古地図 (神戸西部～中央部) (S=1 : 5万)
(古地形は「明治前期関西地誌図集成」より引用)



- 凡例
- 縄文海岸線
 - 玉石の多い扇状地性段丘堆積物
 - 断層
 - R 岩盤
 - 丘陵地 (高位段丘層 T h)
大阪層群 O g 砂, 粘土, 砂礫
 - 扇状地 (低位~中段丘層 T l ~ T m) 砂質土, 砂礫
 - 低地の後背湿地性堆積物 (A c)
粘性土多い (低位段丘層 T gc ~ 沖積層 A l),
 - 一部砂質土 (A s)
 - 10 等高線 (m)
 - 震度7以上の分布域

図-3.6 縄文海岸線および地形・地質分類と震度7以上の分布域

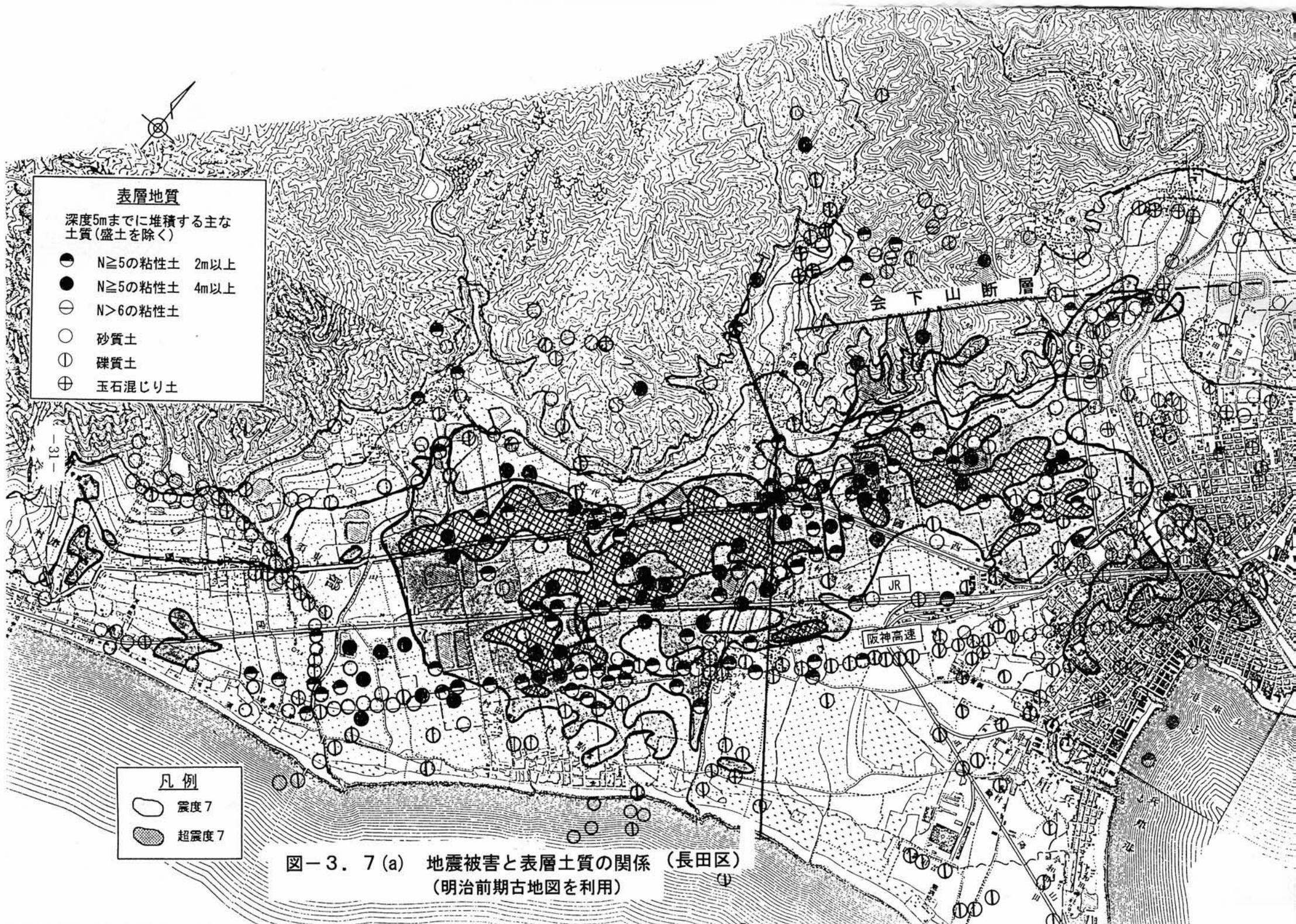


図-3. 7 (a) 地震被害と表層土質の関係 (長田区)
 (明治前期古地図を利用)



図-3. 7 (b) 中央区の古地図と震度7以上の分布域
(明治前期古地図を利用)

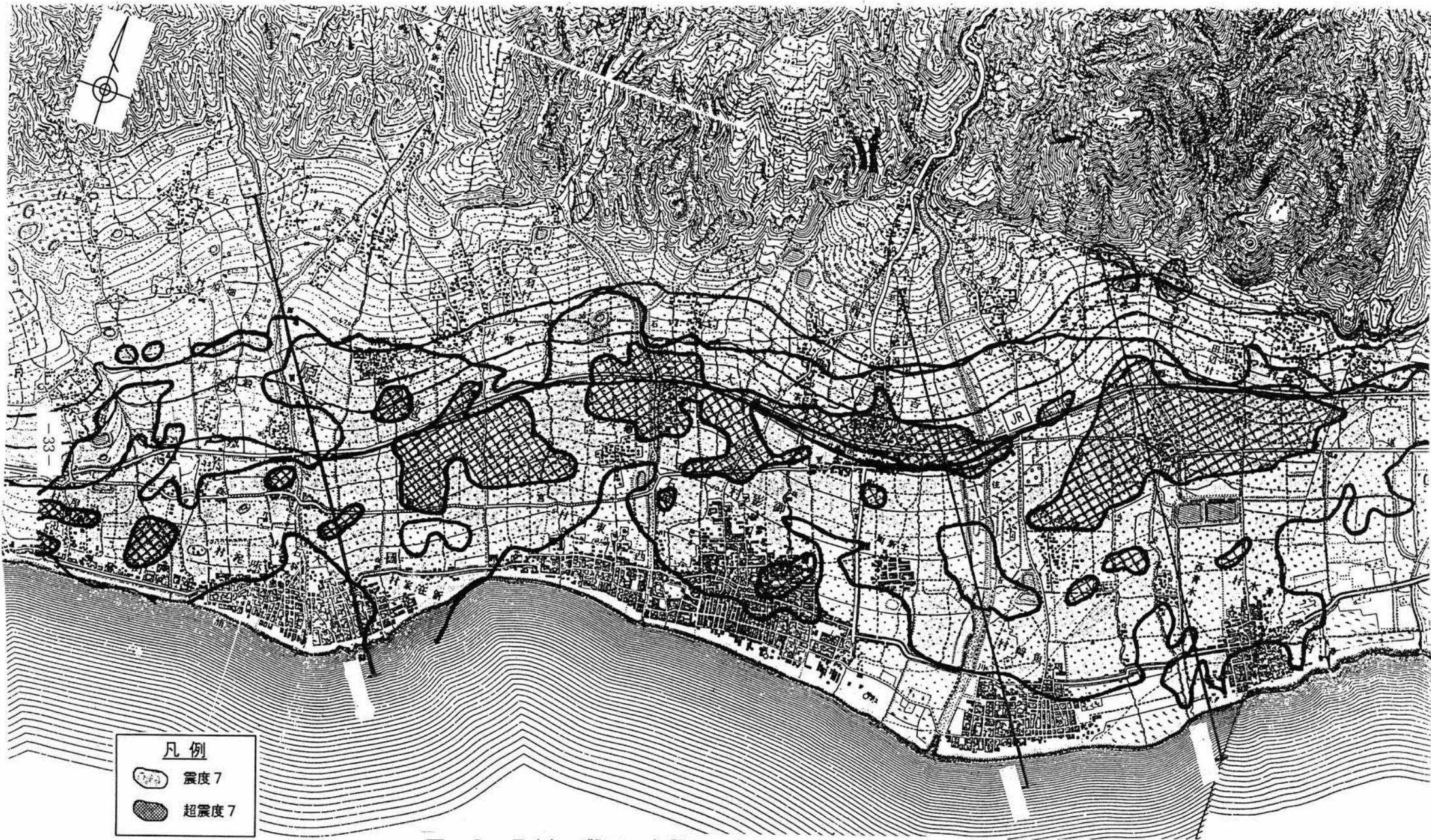
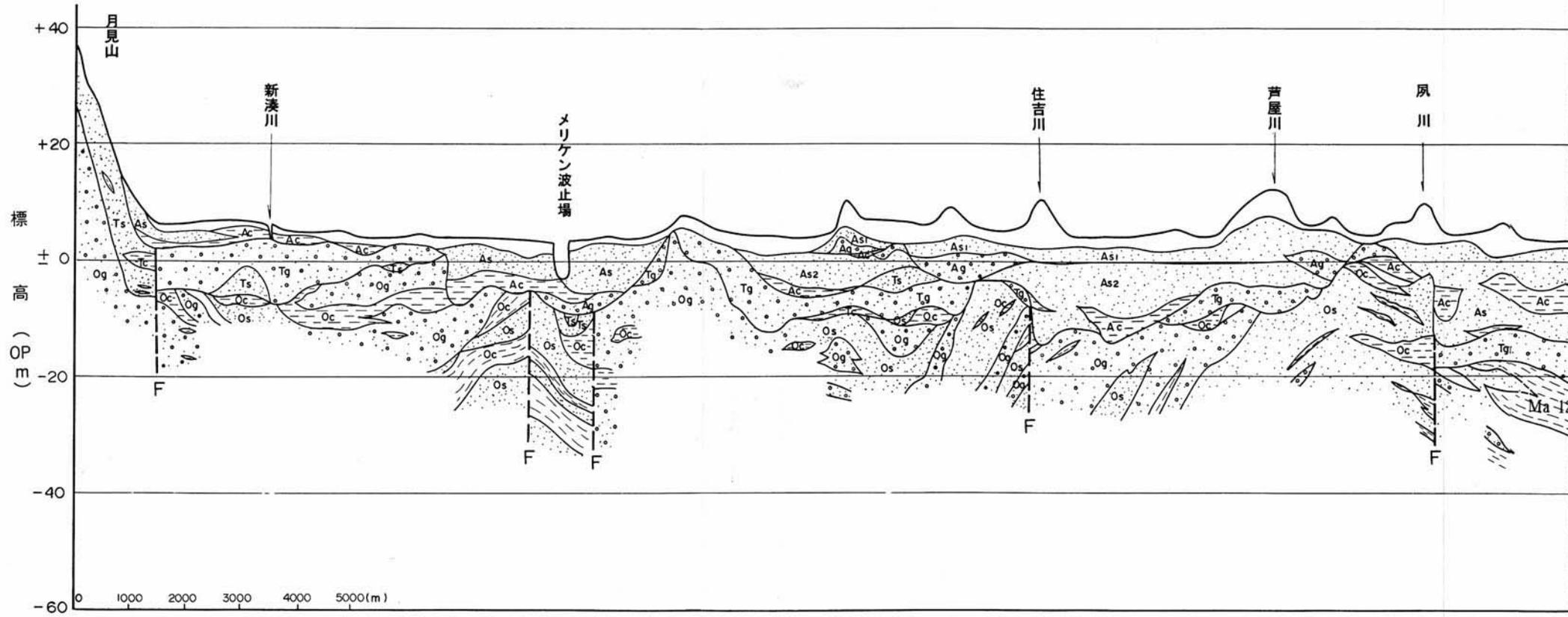


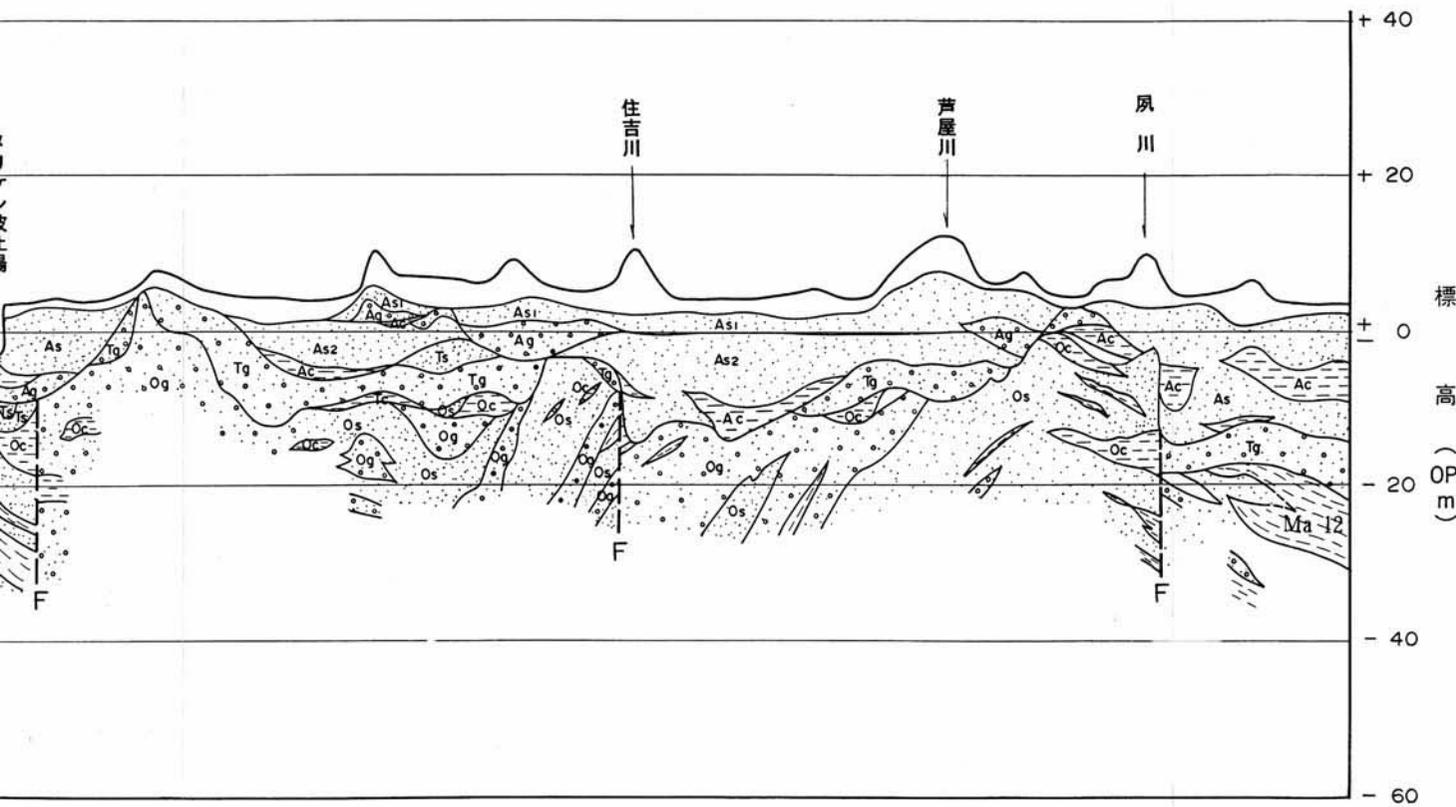
図-3. 7(c) 灘区・東灘区の古地図と震度7以上の分布域
(明治前期古地図を利用)

図-3.8 阪神高速道路神戸3号線沿いの地質断面図



沖積層	砂・砂レキ	なし	N=5~20 $D_{50}=0.15\sim2\text{m/m}$ $U_c=17\sim27$	なし	砂 N=5~15 $D_{50}=0.07\sim10.5\text{m/m}$ 粒度の分布範囲は広いが比較的粒種は揃っている。 砂レキ N=5~20 $D_{50}=1.0\sim7.0\text{m/m}$ レキ分がかなり多い。	なし	As ₁ 層 N=5~25 $D_{50}=2.5\sim0.7\text{m/m}$ $U_c=5\sim15$	As ₂ 層 N=15~40 $D_{50}=0.15\sim0.6\text{m/m}$ $U_c < 50$	As ₁ 層 N>50 $D_{50}=0.4\sim3.5\text{m/m}$ $D_{100}>10\text{m/m}$	As ₁ 層 N=1~15 $D_{50}=0.074\sim1.4\text{m/m}$ $U_c>5\sim15$	
	粘土	なし	N=2~6 $q_u=0.5\sim10\text{kg/cm}^2$ $W_c=30\sim40\%$ $W<W_c$, $S_c=19\sim38$ 粘性の粘土であり、砂分が多い。	なし	N=1~4 $q_u=0.5\sim10\text{kg/cm}^2$ $W_c>50\%$ のものが多い。 $S_c=1.5\sim8.9$ $W<W_c$	なし	N=5~15 分布は非常に少なく、その物理特性、力学特性は不明である。			N=1~10 $q_u=0.5\sim10\text{kg/cm}^2$ $W_c=60\sim90\%$ $W<W_c$	
沖積層	段丘層	段丘層	大阪層群	段丘層	大阪層群	段丘層	大阪層群	大阪層群	段丘層	大阪層群	段丘層
真下の地質	砂を主体とする N>1	砂レキを主体とする N>50	$D_{50}=0.15\sim9.5$ $U_c=40\sim88$	粘土 N=5~35 砂 N>30 砂レキ N>50	砂レキ N>50	砂 N=20~50	砂・砂レキ N>50 粘土 N=5~30	砂レキ N>50		砂レキ N=40~50 $D_{50}>0.5\text{m/m}$	

図-3.8 阪神高速道路神戸3号線沿いの地質断面図



凡 例

時代	地質名	地質記号	層相	
第 四 紀	沖積層	Fl	盛土	
		As	砂	
		Ag	砂, 礫	
更新世後期	段丘層	Ac	粘土	
		Ts	砂	
		Tsg	砂, 砂礫	
	更新世中期	段丘層	Tg	砂, 礫
			Tc	粘土
			Os	砂
更新世前期	大阪層群	Og	砂, 礫	
		Oc	粘土	

0.7~10.5m/m の粒径は揃っている。 1.0~7.0m/m	なし	As1層 N=5~25 D ₁₅ =2.5~0.7m/m U _c =5~15	As1層 N=15~40 D ₁₅ =0.15~0.6m/m U _c <50	As2層 N>50 D ₁₅ =0.4~3.5m/m D ₃₀ >10m/m	As1層 N=1~15 D ₁₅ =0.074~1.4m/m U _c >5~15		
0kg/cm ³ S _v =1.5~8.9	なし	N=5~15 分布は非常に少なく、その物理特性、力学特性は不明である。		N=1~10 W _L =60~90% W<W _L	qu=0.5~10kg/cm ²		
丘層 大阪層群	段	丘 層	大阪層群粘土層	大 阪 層 群	段 丘 層	大 阪 層 群	段 丘 層
砂レキ N>50		砂 N=20~50	砂・砂レキ 粘 土 N>50 N=5~30		砂レキ N>50		砂レキ N=40~50 D ₁₅ >0.5m/m

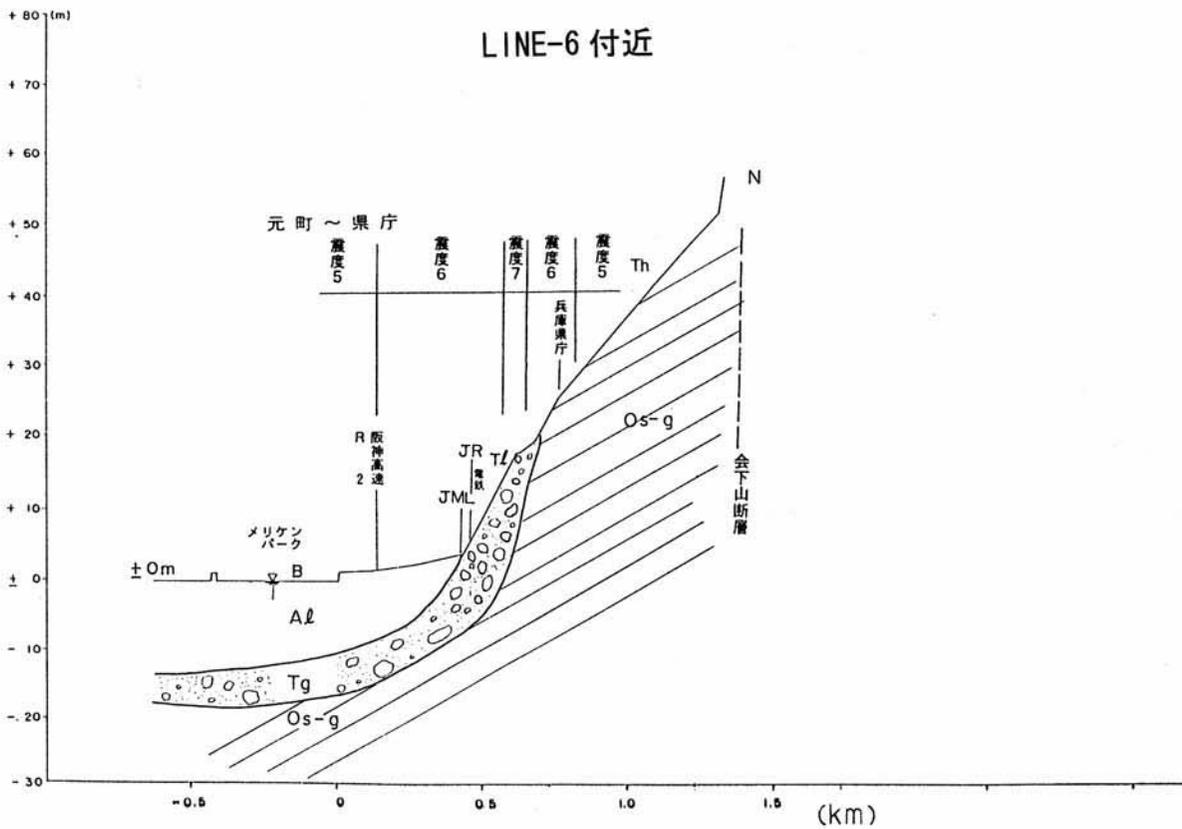
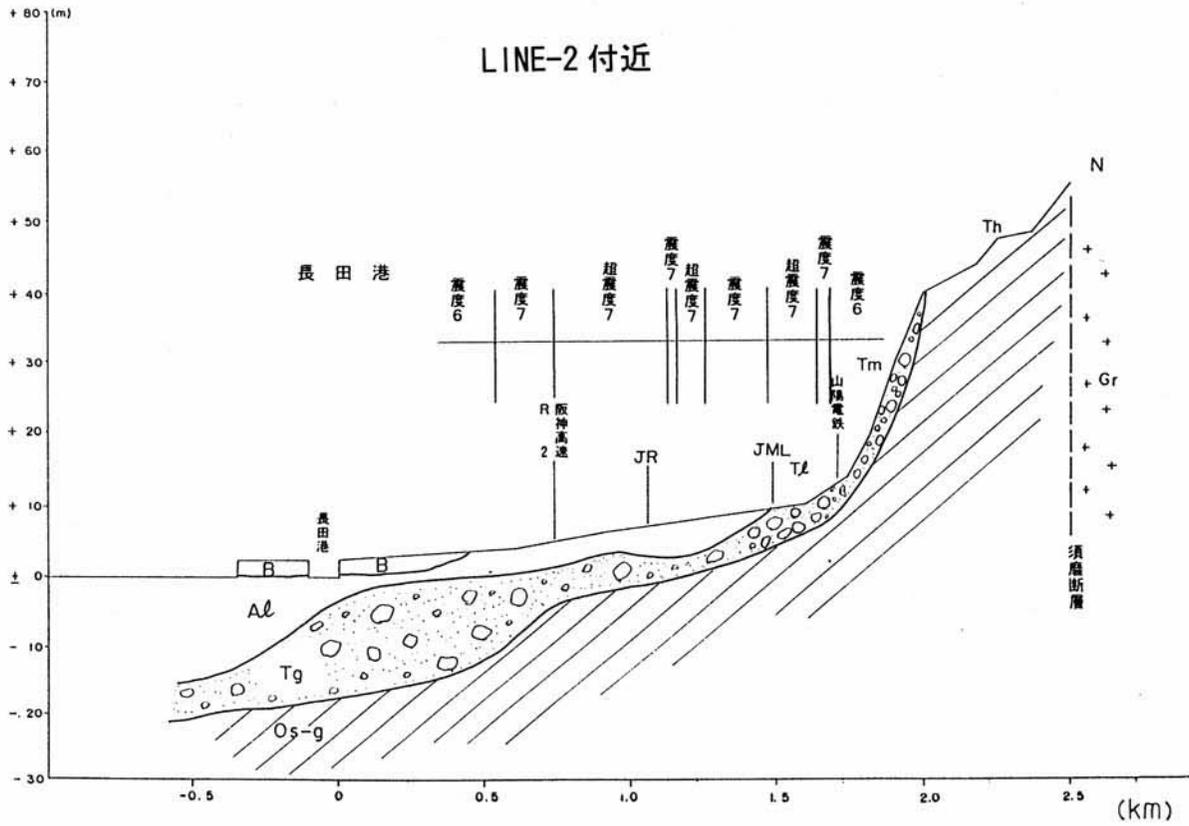


図-3. 9 (a) 南北方向の地質断面と震度の関係

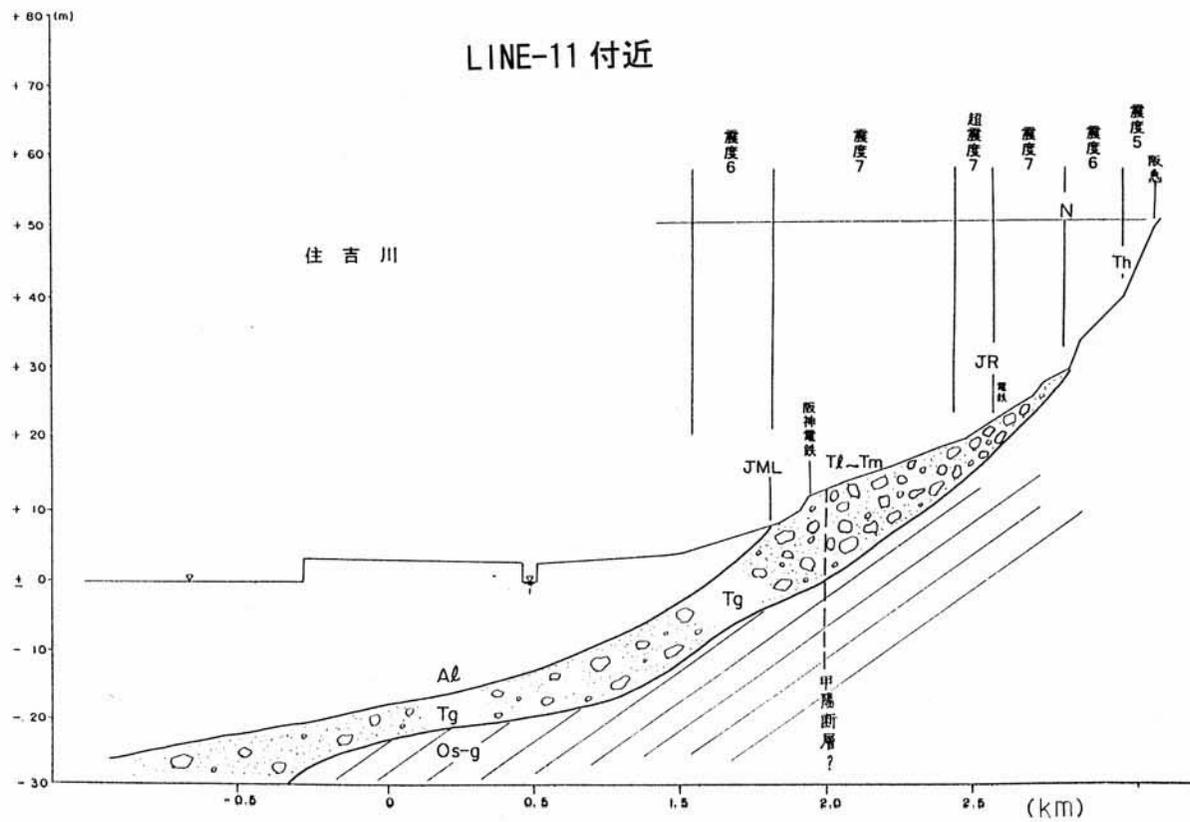
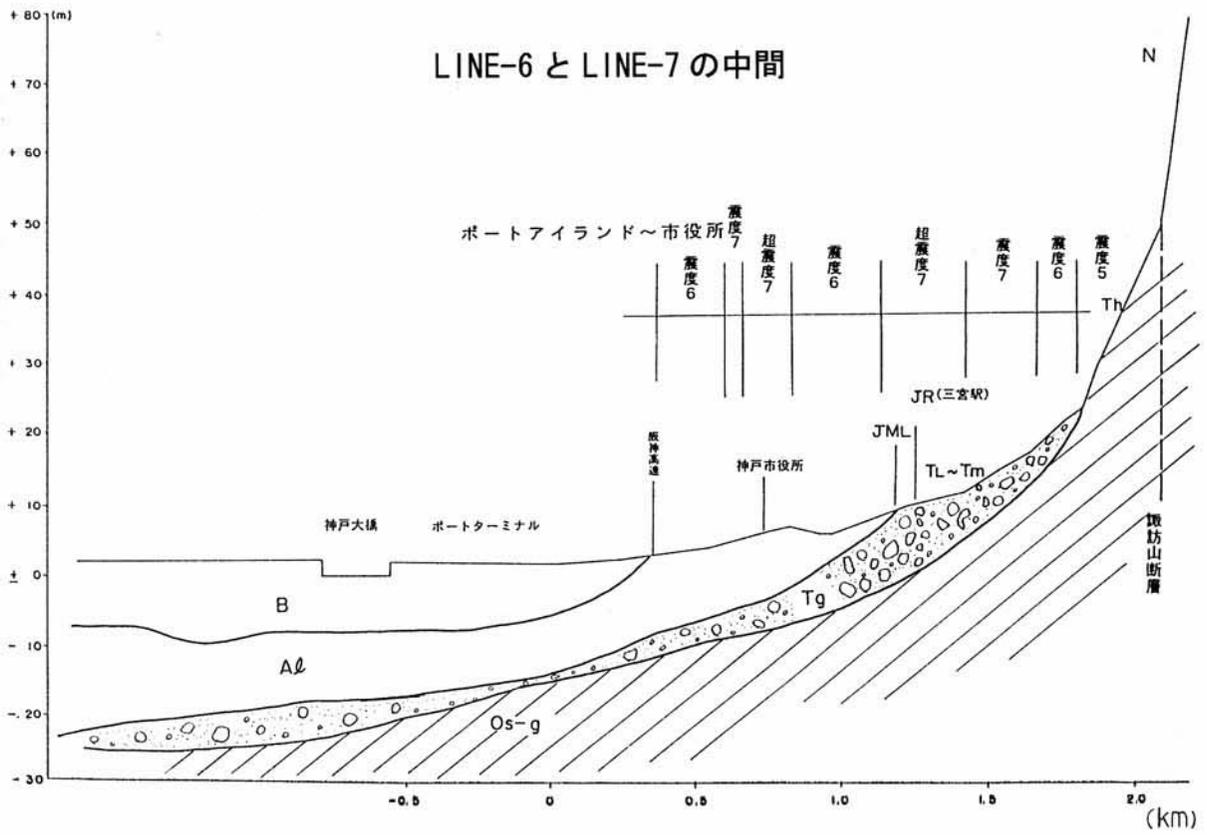


図-3. 9 (b) 南北方向の地質断面と震度の関係

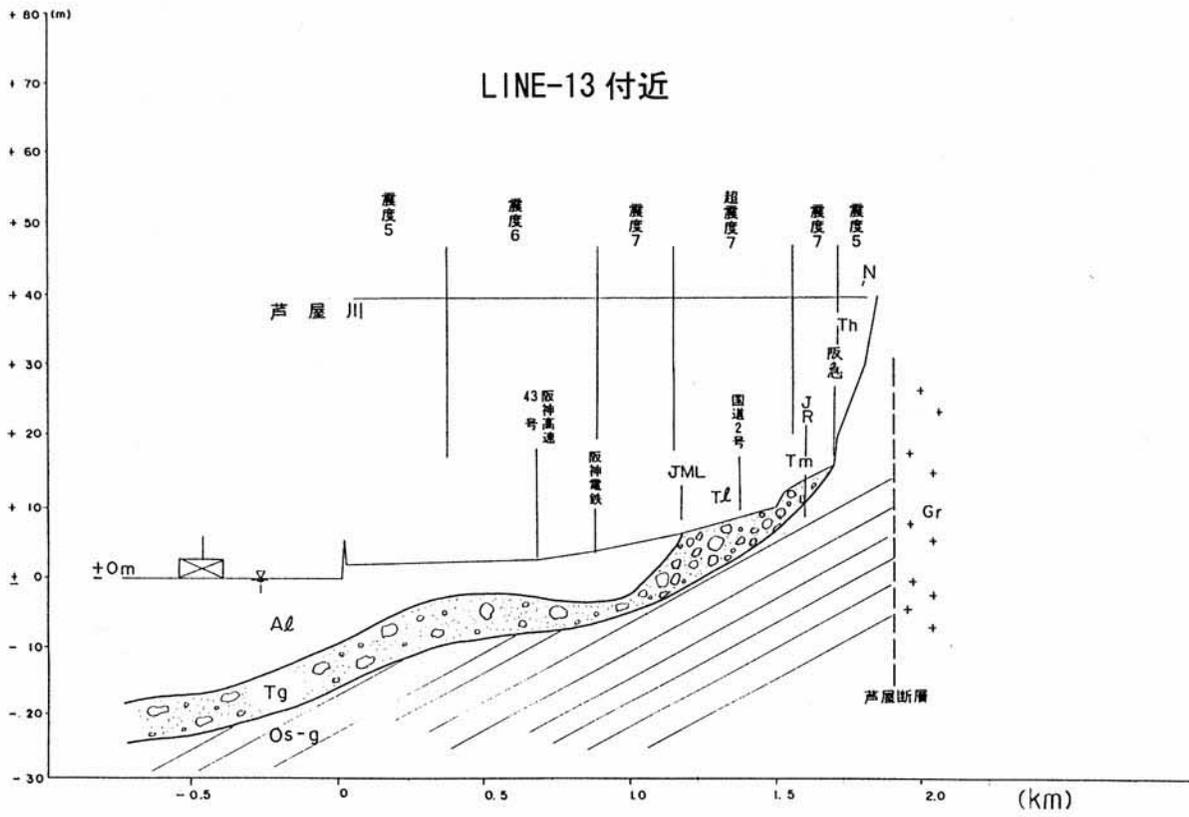


図-3. 9 (c) 南北方向の地質断面と震度の関係

4. 液状化調査

液状化調査は、地震直後より大阪湾沿いを中心にポートアイランドから淀川を経て泉南の貝塚付近までの範囲で実施した。この調査では主に踏査による液状化現象の観察と採取した噴砂試料に対する(1/4)φスケールふるいによる粒度分析を行った。ここでは調査結果を、1983年から1994年にかけて日本近海で発生した7つの被害地震による液状化現象の特徴と比較し報告する。

4.1 液状化調査範囲の選定方法

地震直後の液状化調査は、一般に①震央からの液状化発生最遠距離〔栗林・龍岡の式(1975)： $\log_{10}R=0.77M-3.6$ 〕もしくは断層面からの液状化発生最遠距離〔翠川・若松の式(1988)： $\log_{10}D=0.6M-2.4$ 〕、②既往地震の液状化履歴¹⁾、③各種情報(報道、空中写真、他機関調査情報^{2),3)}、等)、④港湾施設、⑤微地形(埋立地、旧河道、三角州、他)、等々を手掛かりに調査ルートを決め実施した。

当地震では、マグニチュード(M)を気象庁発表の7.2とすると震央からの液状化発生最遠距離(R)は88kmとなり、東は大津、西は岡山、南は徳島まで含まれる。次に菊地⁴⁾の地震モーメント・スケールのマグニチュード(M_w)6.9で見るとR=52kmとなる。また、断層面からの距離で見るとマグニチュード(M)を6.3~6.8とすればD=24~48kmとなり、大阪湾沿岸部が包含される。また、当該地では、西宮市から大阪市の湾岸部を中心に1891年濃尾地震、1927年北丹後地震、1944年東南海地震、等によって液状化が確認¹⁾されている。これらを念頭に、主に神戸市から貝塚市に至る大阪湾沿いの地域を調査対象とした。

4.2 液状化調査項目

液状化調査項目は、次の6項目である。

- ①噴砂地点の確認による液状化範囲の特定
- ②噴砂形状(点、列状、面的)
- ③噴砂の採取および(1/4)φスケールふるいによる粒度分析
- ④液状化に伴う地盤変状(沈下、側方流動)
- ⑤液状化に伴う構造物の変状
- ⑥再液状化

今回の踏査で確認した液状化地点および噴砂の採取地点を図-4.1(a)に示す。参考までに同図には埋立て経歴⁵⁾を記載した。

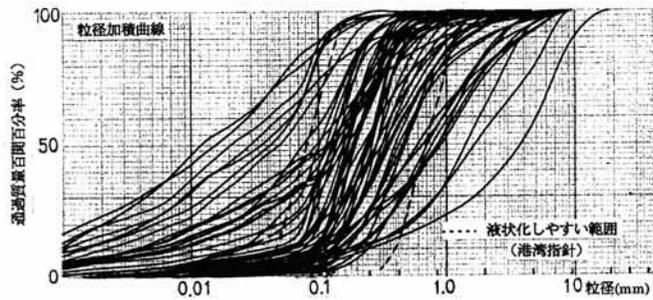
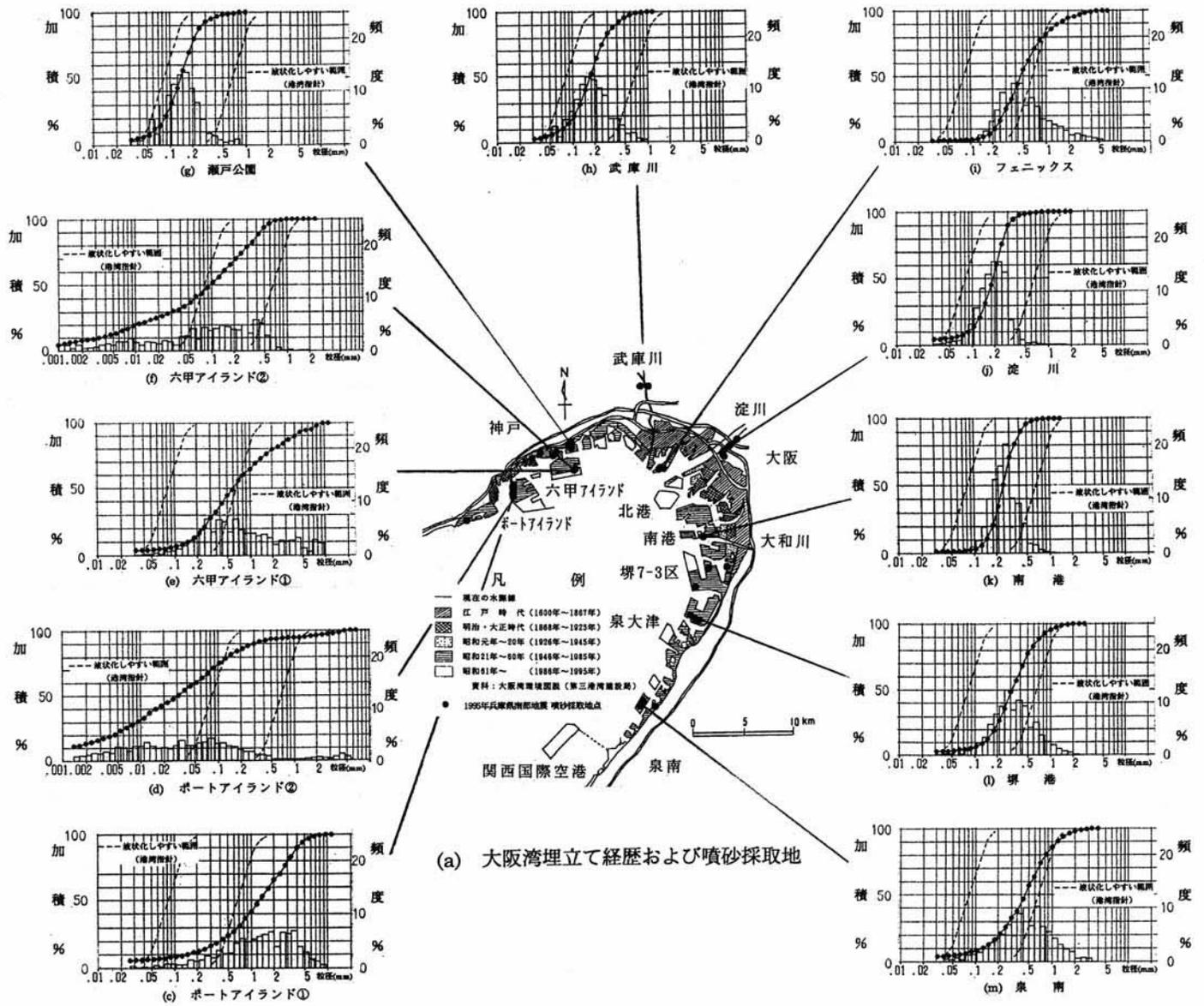


図- 4.1 兵庫県南部地震による噴砂の粒度特性

4.3 噴砂の粒度特性

噴砂採取地点は、概略①ポートアイランド、②六甲アイランド、③瀬戸公園（御影浜・魚崎浜地区）、④武庫川扇状地、⑤フェニックス、⑥淀川流域、⑦南港（大和川河口）、⑧堺泉北港、⑨泉南（貝塚港）に大別され、計61試料について(1/4)φスケールふるいによる粒度分析を実施した。全61試料の粒径加積曲線を図-4.1(b)に示した。

また、最近（1983～1995年）発生した7つの液状化地震（表-4.1参照）での特徴的噴砂の粒径加積曲線を図-4.2に示したが、今回の噴砂が極めて多様な粒度特性を示していることが分かる。

表-4.1 1983～1995年に日本周辺で発生した液状化地震の特徴

	地震名称	M	月/日	液状化に関する特徴・話題
1	1983年日本海中部地震	7.7	5/26	砂丘砂の液状化, 巨大噴砂孔, 永久変位, 再液状化
2	1987年千葉県東方沖地震	6.8	12/17	埋立地の液状化(埋立年代で差), シルトサイズの液状化
3	1993年釧路沖地震	7.8	1/15	港湾施設の液状化被害
4	1993年能登半島沖地震	6.6	2/7	砂丘砂の液状化
5	1993年北海道南西沖地震	7.8	7/12	火山性堆積物・砂丘砂の液状化, 港湾施設の液状化被害
6	1994年北海道東方沖地震	8.1	10/4	再液状化, 港湾施設の液状化被害
7	1994年三陸はるか沖地震	7.5	12/28	震央から遠距離液状化(地震断層との関係), 再液状化
8	1995年兵庫県南部地震	7.2	1/17	まさ土の液状化, 杭基礎構造物の抜上り, 港湾施設被害

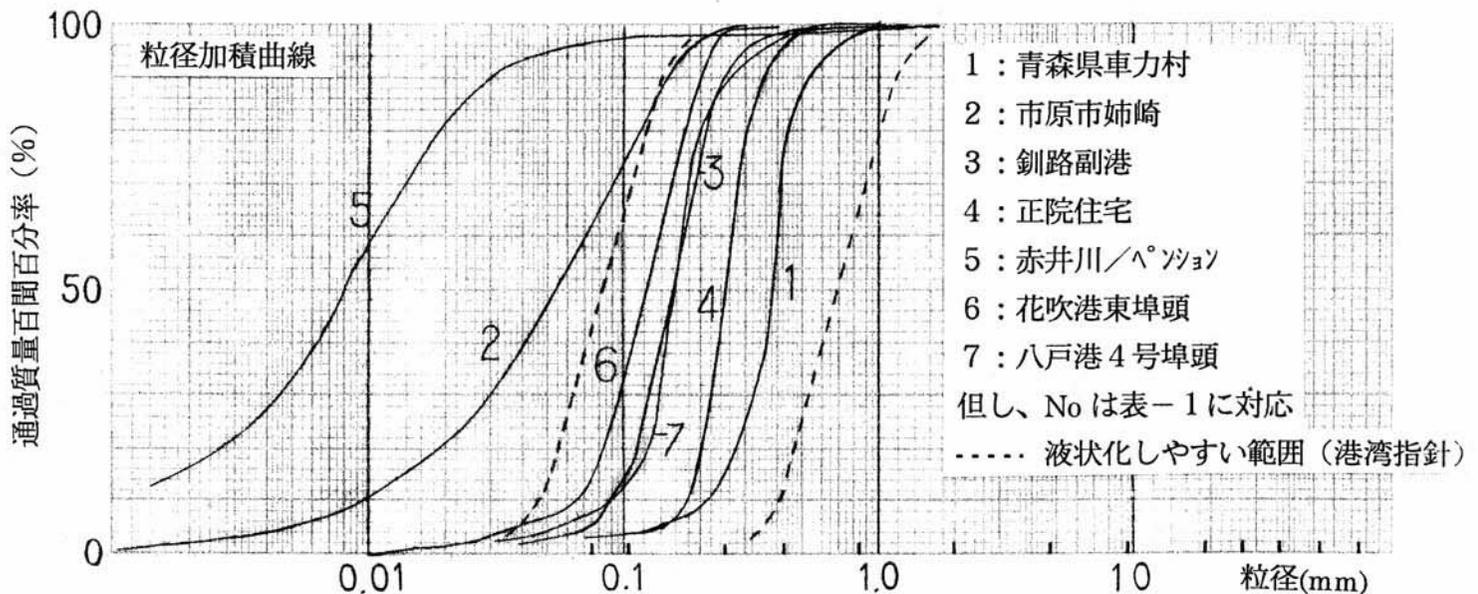


図-4.2 7つの液状化地震での特徴的噴砂の粒径加積曲線

4.4 調査結果のまとめ

今回の噴砂および液状化現象の特徴を上げると概略以下のとおりである。

- (1) 液状化被害は埋立地および港湾施設（岸壁，エプロン，他）での被害が目立ち，自然地盤では液状化現象自体は多数見られたが重大な構造物被害には至っていない模様。
- (2) 埋立地での液状化現象ならびにその被害は，埋立て年代の若い（1946年以降）地域で目立った。
- (3) 自然地盤での噴砂の粒度特性は，均等粒度の細粒砂から中粒砂が多い。
- (4) 人工島（ポートアイランド）では，液状化しにくく良好な埋立材と見られていた粒度分布のよい（均等係数の大きい）粗粒の山砂（まさ土）が液状化し，人工島の全域が概ね50～60cm程度ほぼ等沈下した。それに伴い杭基礎構造物の抜上り現象が多数見られた。

今後の課題として，①噴砂箇所の全容把握と，②液状化層を特定するための噴砂地点における深度方向の(1/4)φスケールふるいによる粒度分析の実施，③液状化現象と構造物被害との関係把握，等が上げられる。

《参考文献》1) 若松加寿江：日本の地盤液状化履歴図，東海大学出版会，1991. 12.

2) 建設省国土地理院編：平成7年兵庫県南部地震災害現況図（1/2.5万），1995. 1. 26.

3) 石原研而・安田 進：臨海地域の地盤災害，阪神大震災震害調査緊急報告会資料，土木学会，pp. 13～18，1995. 2. 8.

4) 日本建築学会編：兵庫県南部地震災害調査緊急報告会，1995. 2. 10.

5) 土質工学会関西支部編：大阪湾海底地盤，p. 42，1990. 12.

5. 活断層と被害状況調査

六甲山地周辺の活断層と地震被害の関係について現地調査を行なった。調査対象とした断層は、西より須磨断層、会下山断層、諏訪山断層、五助橋断層、渦ヶ森断層、芦屋断層、甲陽断層、伊丹断層の各断層である。現地では、これらの断層付近における地盤のクラックの性状、建築物の被害、道路・鉄道・河川等の土木構造物の被害、斜面災害などについて調査した。

以下断層別に調査結果の概要を述べる。

5.1 断層別の調査結果

(1) 須磨断層 (図-5.1)

a) Loc. 1

山陽電鉄須磨浦公園駅西方では、線路の変形 (写真S-1) が著しく、国道2号線ではN10° E方向のオープンクラックが数条観察できた (写真S-2)。

b) Loc. 2

山陽電鉄須磨浦公園駅東方では、線路の盛土法面が崩壊し、みどりの塔付近でN20° W方向、右ずれ変位 (5 cm) を伴うオープンクラックが観察された (写真S-3)。

c) Loc. 3

一の谷川屈曲部の南側では、N40° E方向、右ずれ変位 (5 cm) を伴うオープンクラックが観察 (写真S-4) され、その延長に位置する一の谷グリーンハイツの住宅 (RC構造物) に変形が生じている (写真S-5)。

d) Loc. 4

須磨断層は、須磨寺～離宮公園から北東へ直線状の山麓線を通過するが、断層崖での崩壊が見られる他は、直線状のクラックの発達および土木構造物の被害はない。

以上、須磨断層付近の地盤変状について、須磨浦公園～須磨間では、断層の南側でNS方向およびN40° ~50° E方向の地変線が観察でき、その付近では土木構造物や住宅の被害も多い。なお、本報告では、地盤や路面のクラック、建築物・土木構造物の被災地点が方向性をもって線状に分布する場合、そのような変状を示す線を地変線とよぶことにする。

ただし、須磨寺 (写真S-6) より東部では断層崖に沿った崩壊以外、土木構造物などの被害は見られず、地変線に該当する様なクラックも確認できない。

(2) 会下山断層 (図-5.1)

a) Loc. 1

山陽電鉄須磨寺駅付近では、N50° E～EW方向のオープンクラックが数条確認 (写真E

ー 1) でき、この延長および付近では家屋および線路の被害が大きい。

b) Loc. 2

須磨区役所付近では、阪神高速道路高架橋橋脚に被害が生じ、この付近ではN30° E方向のオープクラックが路面に数条確認できた(写真E-2)。また、これらのクラックの延長では家屋の被害も著しい。

c) Loc. 3

山陽電鉄東須磨～板宿駅間付近では、N45° E方向(写真E-3)とN30° W方向のクラックが連続する。また、この付近では家屋の被害が大きく、線路の変形も著しい(写真E-4)。

d) Loc. 4

板宿駅北西の飛松中学校～滝川高校間では、N50° E方向のクラックが直線状に連続し、付近の家屋の被害が大きい。

e) Loc. 5

新湊川北側の兵庫高校～夢野台高校付近では、N40°～70° E方向のクラックが数条見られ、兵庫高校敷地内で20cmの右ずれ変位が確認できた(写真E-5, E-6)。また、これらクラックの延長部では家屋の倒壊やRC構造物の被害も大きい。写真E-7は重池住宅の被災状況を示す。

f) Loc. 6

会下山配水場の南東側では、N20° E方向・30cm西上昇(写真E-8)およびN10° W・20cm西上昇で10cm左ずれのクラックが見られ、この延長ではRC構造物等の被害が大きい。

g) Loc. 7

東山小学校付近では、N40° E方向(写真E-9)およびN80° W方向の連続したクラックが見られ、この付近では家屋や神戸電鉄線路の被害が大きい。また、この延長線上でRC構造物が倒壊している(写真E-10)。

h) Loc. 8

荒田小学校付近では、N60° E方向のクラック(写真E-11)数条見られ、付近の家屋や河川堤防などの被害が大きい。また、神戸少年鑑別所では、N20° E方向のクラックに沿って、液状化に伴う噴砂が見られた。

i) Loc. 9

神戸海洋気象台付近では、NS方向のオープクラック(写真E-12)が数条見られ、その延長のコンクリート擁壁にもクラックが生じていた(写真E-13)。また、これより宇治

川に沿って西方の河川の屈曲点までは、家屋の被害が大きく、河川堤防も崩壊している。

(写真E-14)。

以上、会下山断層付近の地盤変状についてまとめると、山陽電鉄月見山～神戸海洋気象台まで、 $N40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ E方向の右ずれ変位を伴う地変線およびN-S性の左ずれ変位を伴う地変線が確認でき、家屋や土木構造物の被害が大きい。

なお、Loc.1～4間は、文献では断層の存在が示されていないが、会下山断層の西方延長を想定して記載した。ただ、Loc.4は、地変線が北側に位置する事から、須磨断層の影響とも考えられる。

会下山断層は、神戸海洋気象台以東、諏訪山付近で諏訪山断層へ移行する。この移行部に当たる山手女子短大付近では、家屋・土木構造物の被害や路面クラックは観察されなかった。

(3) 諏訪山断層 (図-5.2)

諏訪山～五毛間の諏訪山断層は、直線状の山麓線に沿って通過し、山麓に達した河川は屈曲しながらも扇状地を形成する。

諏訪山断層上では、地盤のクラックや建物の被害はみられなかった。写真Sw-1は、諏訪山町の家屋の状況を示している。ただし、山本通三丁目付近、西郷川付近および五毛美野丘小学校付近で、いずれも断層の南側にE-W方向の小規模なクラックや変状が見られた。

(4) 五助橋断層 (図-5.2)

六甲台～住吉川間の五助橋断層は、断層鞍部を形成、河川を屈曲させ、五助谷へ至る。

今回の踏査では、断層崖に沿った崩壊は見られるが、渦森台団地などでは地変線に相当するようなクラックや家屋の被害は確認できなかった。

(5) 渦が森断層 (図-5.2)

神戸大学～住吉川間の渦が森断層は、住吉川の扇状地性堆積物が広く分布する丘陵地に直線状の谷や断層鞍部を形成し、五助谷へ至る。

a) Loc.1

渦が森断層の通過付近では、渦が森団地および関西電力新神戸変電所の盛土地盤が崩壊している。(写真U-1)。

b) Loc.2

御影山手の頌栄短期大学付近および住吉山手の神戸大学附属中学校東側(写真U-2)では、N-S性の連続したクラックが見られる。

後者の地区にある徳本上人座禅石は、10cm西上昇、7cm右ずれ変位を伴っている。

(6) 芦屋断層 (図-5.3)

住吉川～奥山間の芦屋断層は、神戸女子薬大付近で、山麓を通過するE-W性断層と、段丘崖を通過するNE-SW性断層に分岐する。

a) Loc.1

甲南大学～岡本6丁目区間では連続したN60°～80°E方向のオープンクラックが数条確認できた。岡本6丁目付近では右ずれ変位(5cm)を伴い(写真A-1)、その延長部では路面のクラックや家屋が倒壊している。甲南大学においては、地変線の延長部のRC建築校舎に被害が生じている。(写真A-2)。また、阪急電鉄御影～岡本間の被害も顕著である。

b) Loc.2

JR住吉駅～本山中学校区間では、連続したN70°E方向のオープンクラックが数条確認できた。神戸商業高校南側のクラック(写真A-3)は、特に連続性があり、本山中学校の校舎(写真A-4)やその延長部の家屋に大きな被害をあたえている。

c) Loc.3

神戸女子薬大～奥山区間では、N50°～70°E方向のオープンクラックが数条確認できた。甲南台団地では家屋を横断(写真A-5)し、甲南女子大学の正門前盛土路面の一部では15cmの右ずれ変位を伴う(写真A-6)。但し、このクラックは隣接する守衛室を横断せず、それに沿って回りこんでいる。甲南女子大正門より地変線は北東に伸び甲南女子中・高正門まへの道路にはクラックが多く、さらに北東方の森北町7丁目の道路及び住宅の損傷がはげしい。

以上、芦屋断層付近の地盤変状について、断層の南側にE-W性とNE-SW性の明瞭な地変線を確認できた。奥山以東では、断層崖に沿った斜面崩壊は見られるが、地変線に相当する様なクラックは確認できない。

(7) 甲陽断層 (図-5.3)

a) Loc.1

高塚公園付近では、N40°E方向のオープンクラック(写真K-1)が見られ、公園西側の道路では南側が1.0m程度陥没している。また、この延長部の殿山町でも路面クラックや家屋の被害が顕著であった。(写真K-2)。

b) Loc.2

高塚公. の北西側ではN20°～40°E方向の連続したクラックが確認できた。テニスコート付近(写真K-3)では陥没し、その延長では40cm西側上昇、30cm左ずれ変位を伴う(写真K-4)。

以上、甲陽断層付近の地盤変状については、NE-SW性とNS性の地変線が確認できた。ただし、NS性については、谷の盛土位置にも一致している。

阪急甲陽線以北の甲陽断層は仁川の浄水場付近を通過し、これに沿ってN20°30°E方向の地変線が見られ、大規模な地すべりが発生している。

(8) 伊丹断層 (図-5.3, 5.4)

伊丹断層は、阪急電鉄夙川駅東方から阪神競馬場南東をへて国道171号付近を通過する。

夙川駅東側では阪急電鉄の線路の変形が著しく、山陽新幹線六甲トンネル坑口付近では高架橋が倒壊している。さらに武庫川を横断し、北東の昆陽池では、E-W方向の開口クラック (写真I-1) が見られ、付近の河川堤防も崩壊している (写真I-2)。これより東方の国道171号に至る間もところどころに路面クラックがみられる。

このように、伊丹断層付近には明瞭な地変線は確認できないが、道路・鉄道等の土木構造物の被害が顕著で、甲陽断層も含めてその南側延長部では阪神高速道路の高架橋が倒壊している。

5.2 まとめ

六甲山地周辺の活断層と各種構造物の被害や地盤災害の関係について観察した結果をまとめると次のようになる。

- ① 六甲山地周辺の活断層付近の地盤には、変位の認められるクラックがいくつか存在するが、いずれも変位量が5~20cm程度と小さいこと、連続性に乏しいこと、盛土地盤に多くみられることなどより地震断層と確認できるものはみられなかった。
- ② 須磨断層の西部、会下山断層、渦ヶ森断層、芦屋断層及び甲陽断層の山麓部では、明瞭な地変線が認められ各種構造物の被害がある程度、帯状に分布する。これに対し、諏訪山断層、五助橋断層の南部では、断層崖に沿った崩壊地はあるが、地変線や各種構造物の被害等は認められない。このように、六甲断層系に属する活断層のなかでも地震災害との関係において差異がある。
- ③ 観察された地変線は、主として各断層の南側に分布し、西から東へより南東側の雁行する断層にシフトする傾向がみられた。

余震域は、須磨断層~諏訪山断層~五助橋断層上に集中しているにもかかわらず、地震被害の分布や地変線は必ずしもこれと対応していない。その一因としては、阪神地区では被覆層が厚く分布するため、岩盤での変形が地表部では分散し、間接的に各種の災害現象として現れているように見える。



図-5.1 活断層と被害状況 (その1)

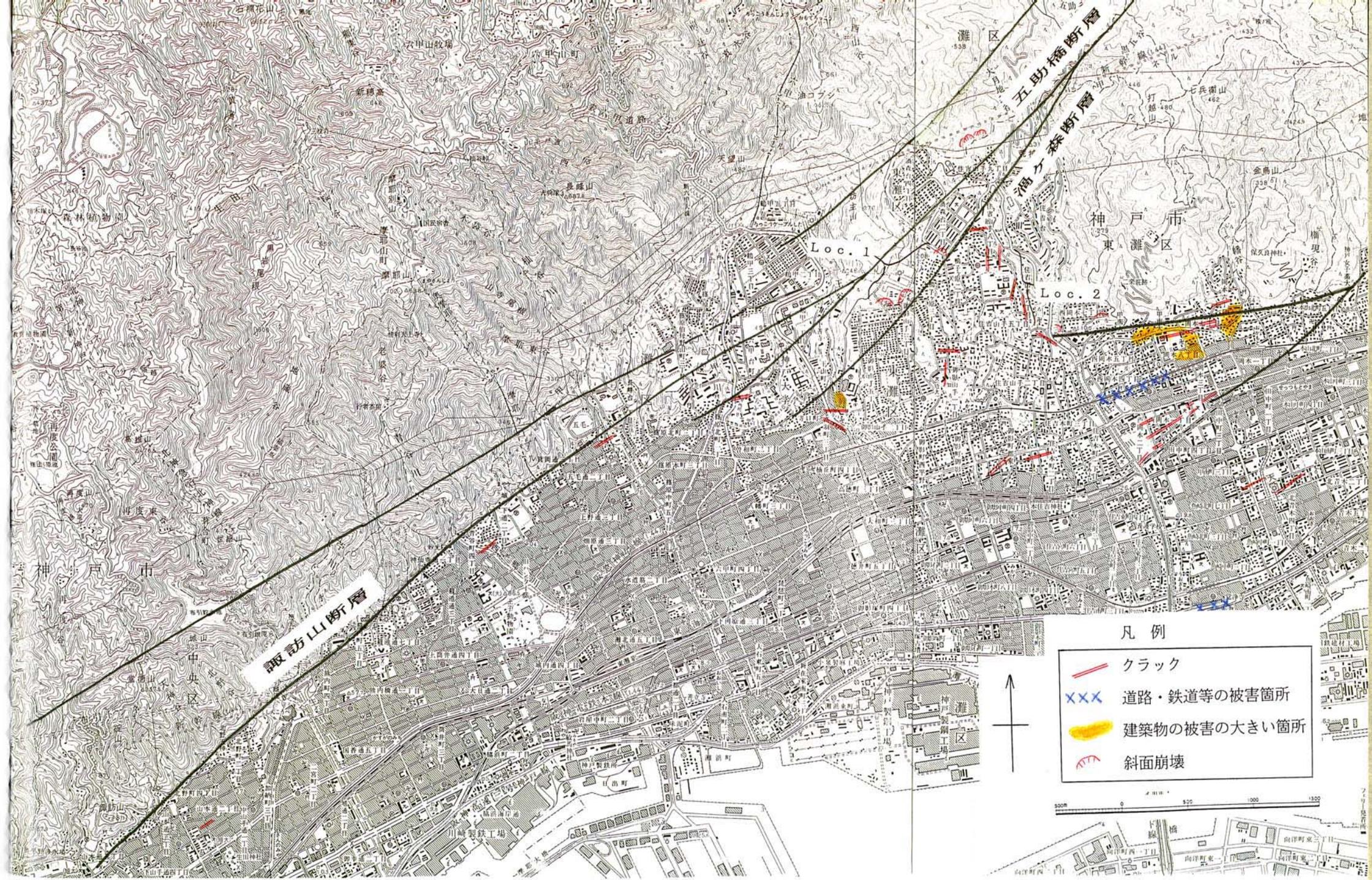


図-5.2 活断層と被害状況(その2)

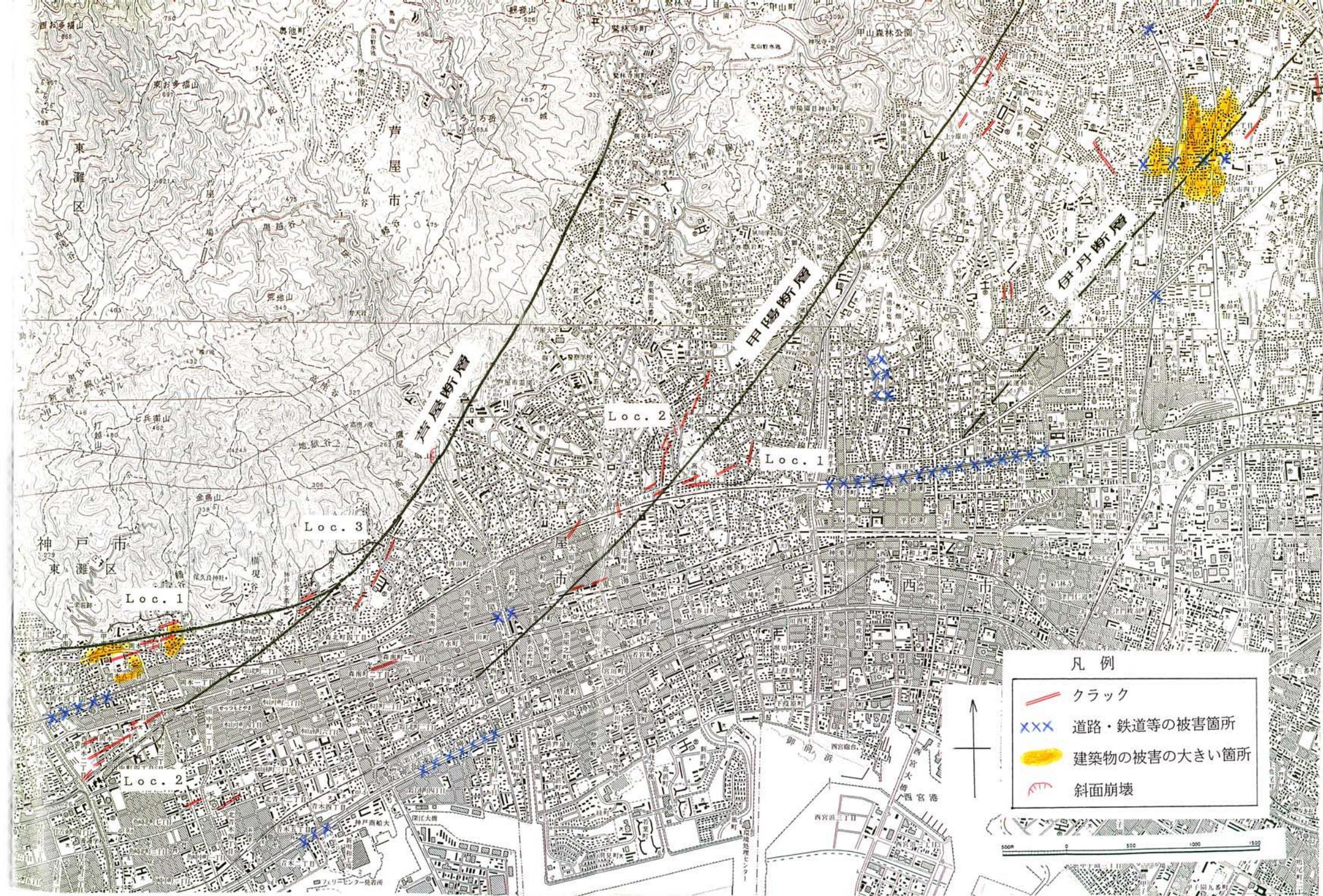


図-5.3 活断層と被害状況 (その3)



図-5.4 活断層と被害状況（その4）

6. まとめ

本地震の地震動記録によると、地盤振動は水平加速度で最大 800ガル以上、鉛直加速度で 600ガル以上のものが観測された。また、P波の卓越周期は 0.4~1.0sec, S波は 1.0~3.0secであったと報告されている。建物の被害は震源域からの距離や地質、地盤構成等によって複雑に異なってくるものと思われるが、これら地盤振動特性と構造物自体の固有周期、老朽度、また設計基準等の違いによって被害の影響の差が生ずることも考えられる。ただし、被害度と地形・地質・地盤との関係だけでみると、次のことが言えそうである。

- ① 震源は、淡路島北端部のみでなく、六甲断層系の長い震源域或いは複数の震源からの振動の発生によって、神戸市、芦屋市から宝塚市に到るまでの長い区域で地盤振動レベルが大きく、そのため東西方向に帯状また島状震度7の被害度分布となって表れたものと推定される。
- ② 震源断層に近く、また地盤構成が複雑だったり、段丘層（特に低位段丘層で礫質土が少なく細粒土の多いところ）と沖積層の厚い分布域では、地盤振動の時間変化が複雑で且つ振動レベル（増巾率が大きい？）が大きいため、さらに予想以上（震度7以上）の被害が生じたものと考えられる。
- ③ 主要な液状化被害は、埋立地および港湾施設で顕著に発生した。とくに、人工島では液状化しにくい良好な埋立材料を考えられていた粗粒の山砂（まさ土）が液状化し、地震動の激しさを反映している。
- ④ 多くの活断層付近では、地盤災害や構造物の被害が帯状に分布する傾向が認められる。ただ、諏訪山断層や五助橋断層の南部などのように活断層上でも被害がほとんど生じていないものもあることがわかった。

この大地震の被害調査の結果から、活断層、地質、地盤、地盤振動等に関する各種の詳細な事前調査を実施することが、都市直下型地震の発生と防災に備えて、如何に大切に重要であるかの多くの貴重な教訓を与えてくれた。

本調査報告は、自社独自の自主的な組織による災害調査団の成果によるものであり、調査にあたった関係各位に深く感謝申し上げるとともに、この成果が、次の防災計画の一助になることを切に願うものであります。

— 卷末資料 —

寫 真 集

建物倒壊率判定ランク別の代表写真

- ① 木造家屋（ランク1～4）
- ② 鉄筋コンクリート建屋（ランクA～D）

震度別の代表的被害写真

- ③ 震度5
- ④ 震度6
- ⑤ 震度7
- ⑥ 超震度7

その他

- ⑦ 地震動による建築物の倒壊，圧壊
- ⑧ 局所的被害

木造家屋の倒壊率の判定ランク（その1）



ランカー1（全壊, 30°以上の傾き, 修復不能）



ランカー2（5～30°の傾き, 瓦ほとんど落失, 修復不能又は大々的修理必要）

木造家屋の倒壊率の判定ランク（その2）



ランカー3（5°以内の傾き, 壁のひび割れ大, 瓦の落失見られる, 修復可）



ランカー4（少量の壁のひび割れ, 瓦の少量の落失あり）

鉄筋コンクリート建築物の判定ランク（その1）



ランクーA（倒壊, 傾斜あり。柱座屈大。修復不能）



ランクーB（柱, ハリ大幅損傷。壁に大幅な亀裂あり。修理不能又は大々の修理必要）

鉄筋コンクリート建築物の判定ランク（その2）



ランカーC（柱、ハりに亀裂多い。壁のひび割れ大）



ランカーD（柱、ハりに亀裂少ない）

震度5の代表的な被害記録写真



灘区篠原北町



長田区丸山町

震度6（その1）の代表的な被害記録写真



灘区高羽町



宝塚市小浜町

震度6（その2）の代表的な被害記録写真



灘区篠原町

震度7の代表的な被害記録写真



芦屋市市民センター



東灘区住吉宮町



東灘区本山中町 (B/H \geq 0.5の石積みブロック倒壊)



灘区 JR 六甲道南側の国道 2 号線沿い



東灘区住吉東町付近



東灘区御影町付近

地震動による建築物の倒壊、圧壊（その1）



兵庫区三菱銀行



中央区国際会館ビル



中央区神戸市役所旧庁舎

地震動による建築物の倒壊，圧壊（その2）



阪神競馬場（宝塚市）南口付近

局所的被害の代表記録写真

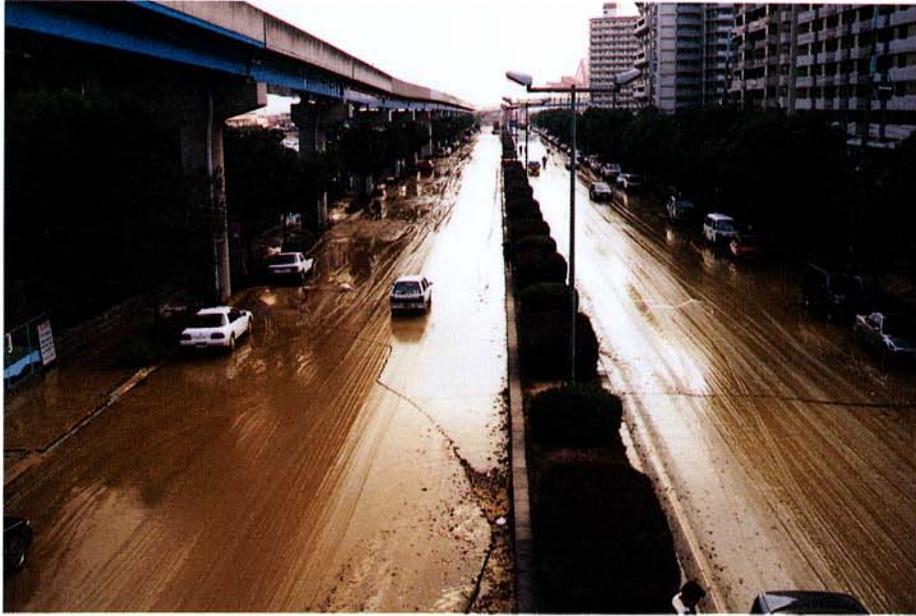


阪急伊丹駅の圧壊と対照的に駅西側の通りに面した建物は殆ど被害がない。

液状化現象の代表写真

- ① ホートアイランド
- ② 六甲アイランド，尼崎フェニックス，市街地
- ③ 泉北埋立地
- ④ 内陸部

地震時の液状化現象（その1）



地震直後に撮影したポートアイランド

地震時の液状化現象（その2）



[ポートアイランドの液状化]
広い範囲に噴砂が認められる。
まさ土が主体である。



[ポートアイランドの液状化]
噴砂の上面より約40cm上まで
泥水につかっている。

地震時の液状化現象（その3）



〔ポートアイランドの液状化〕
液状化により埋立地全体が沈下し、既設の杭は沈下していないため杭の部分が地面から突き出したように見える

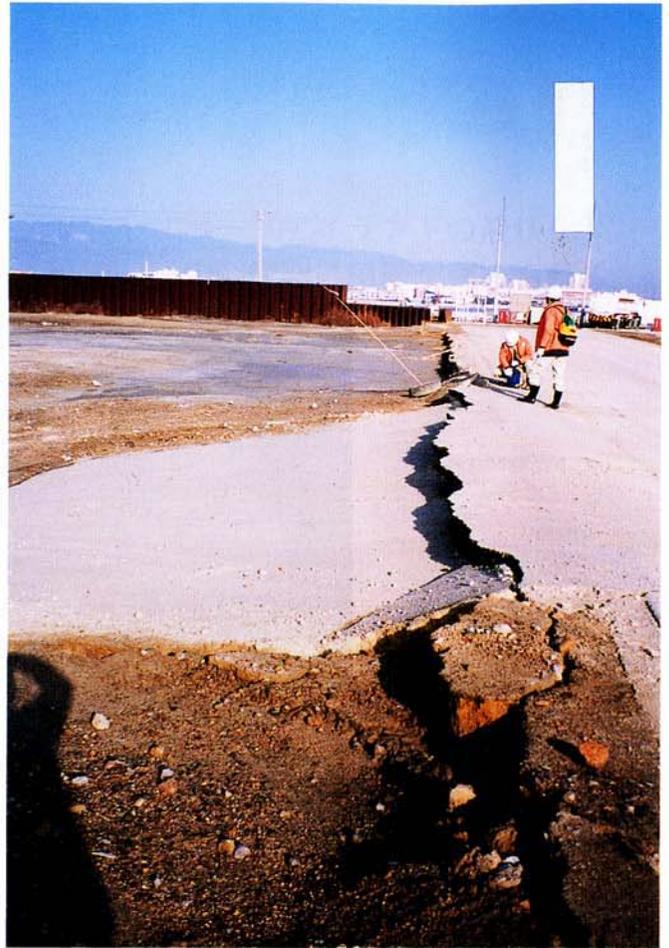


〔ポートアイランドの液状化〕
地面から突き出したように見える部分の高さは約45cm

地震時の液状化現象（その4）



六甲アイランド



尼崎フェニックス



市街地液状化（兵庫区東出町）



市街地液状化（灘区魚浜町）

地震時の液状化現象（その5）



[泉北埋立地の液状化]
道路に近接した緑地帯で多量の噴砂が認められた



[泉北埋立地の液状化]
噴砂とともに礫や野球ボール大の粘土塊が噴出している

地震時の液状化現象（その6）



内陸部における液状化現象（西宮市段上町2丁目）

活断層と被害状況調査写真

- ① 須磨断層
- ② 会下山断層
- ③ 諏訪山断層
- ④ 渦ヶ森断層
- ⑤ 甲陽断層
- ⑥ 伊丹断層



須磨断層

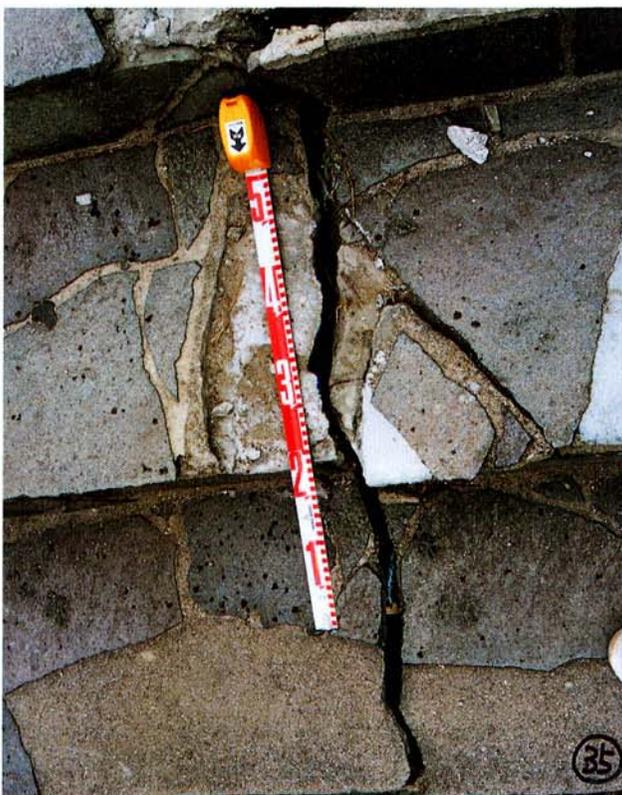
写真S-1

山陽電鉄線路の変形



写真S-2

国道2号の路面クラック



写真S-3

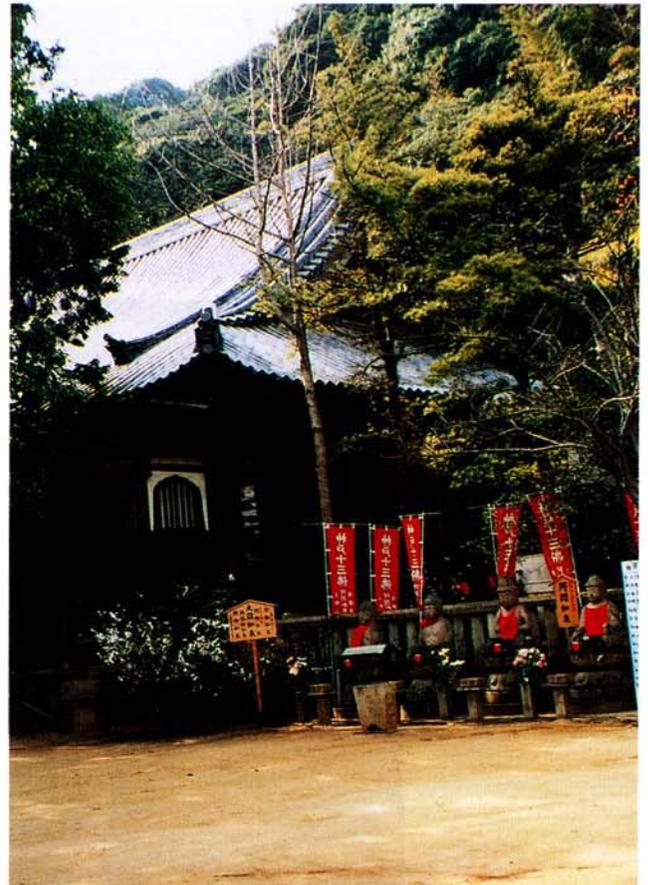
開口クラック (右ずれ)



写真S-4 開口クラック (右ずれ)



写真S-5 道路と建築物の変状



写真S-6 須磨寺境内の状況

会下山断層



写真E-2 開口クラックと橋脚損傷



写真E-1 開口クラック



写真E-3

連続するクラック



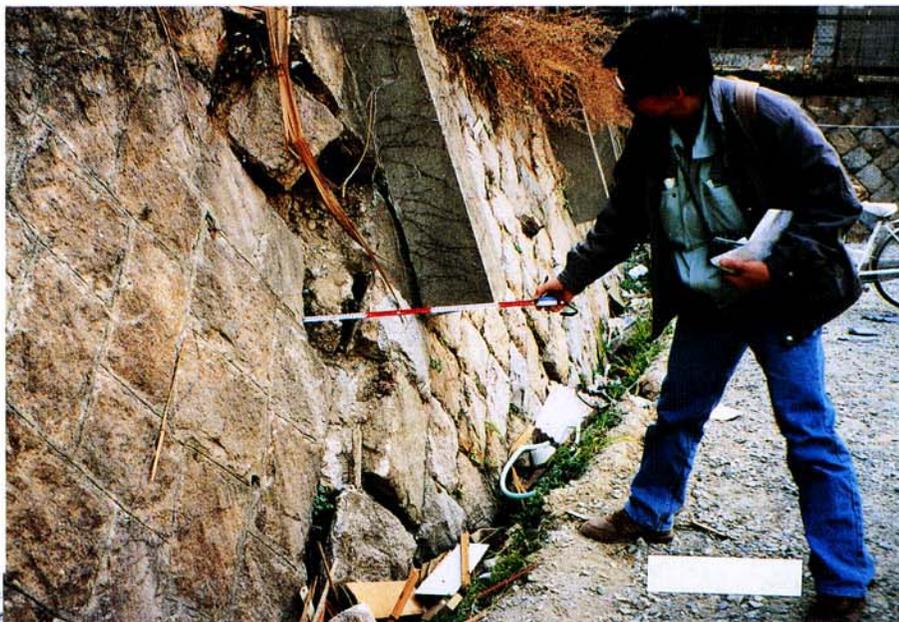
写真E-4

山陽電鉄線路の変形



写真E-5

路面の右ずれ変位



写真E-6

← 石垣の右ずれ変位

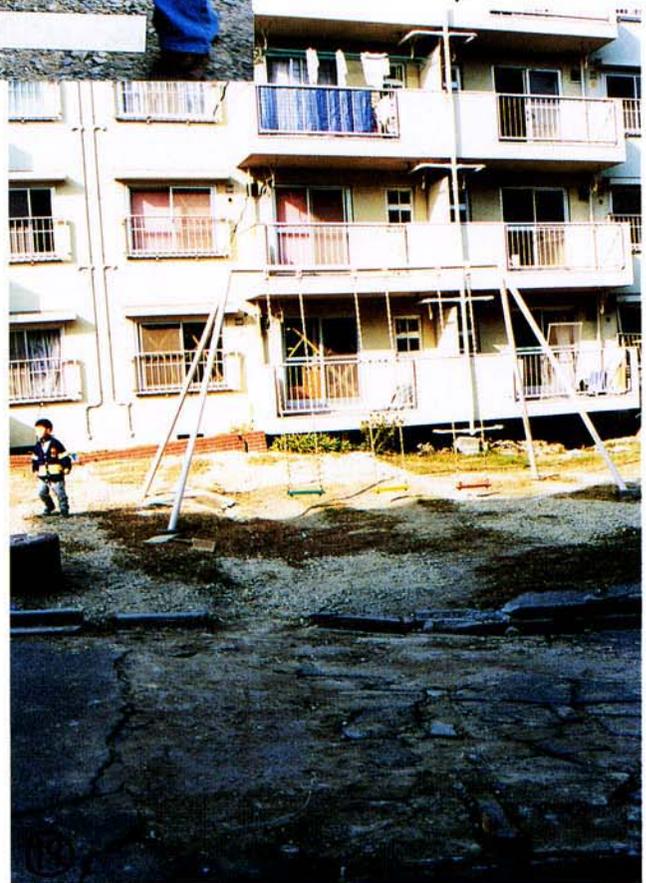
写真E-7 RC建築物の損傷

↙

写真E-8

クラックとRC建築物の被害

↓





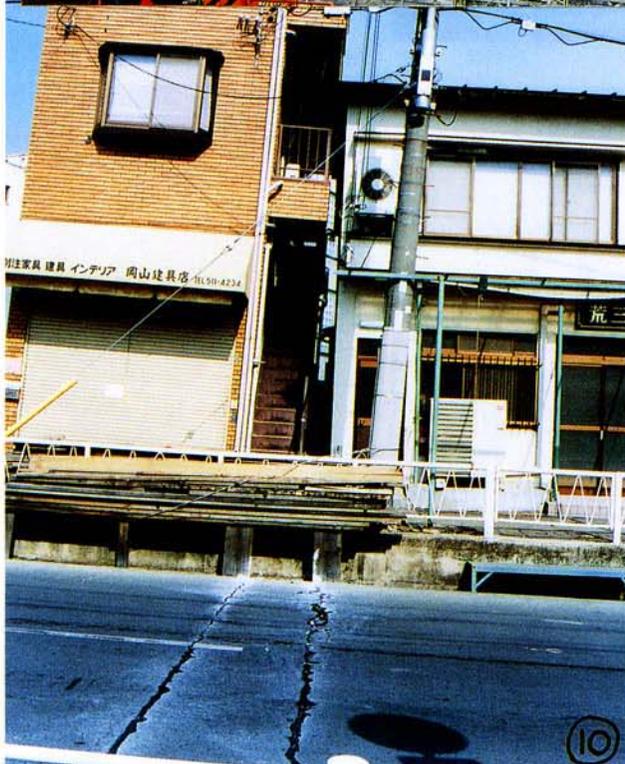
写真E-9

連続するクラック



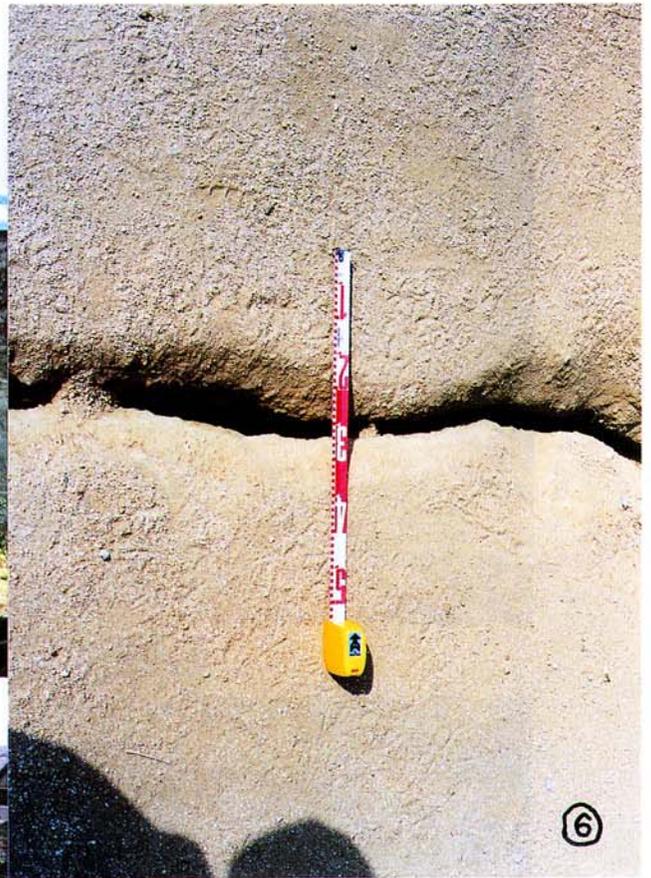
写真E-10

RC建築物の倒壊



写真E-11

路面クラックと建築物の損傷



↑
写真E-12 開口クラック

↙
写真E-13 擁壁の損傷

写真E-14 河川堤防の崩壊



写真S w-1

諏訪山断層付近の建築物



渦ヶ森断層

写真U-1

新神戸変電所付近



写真U-2 路面の損傷

芦屋断層

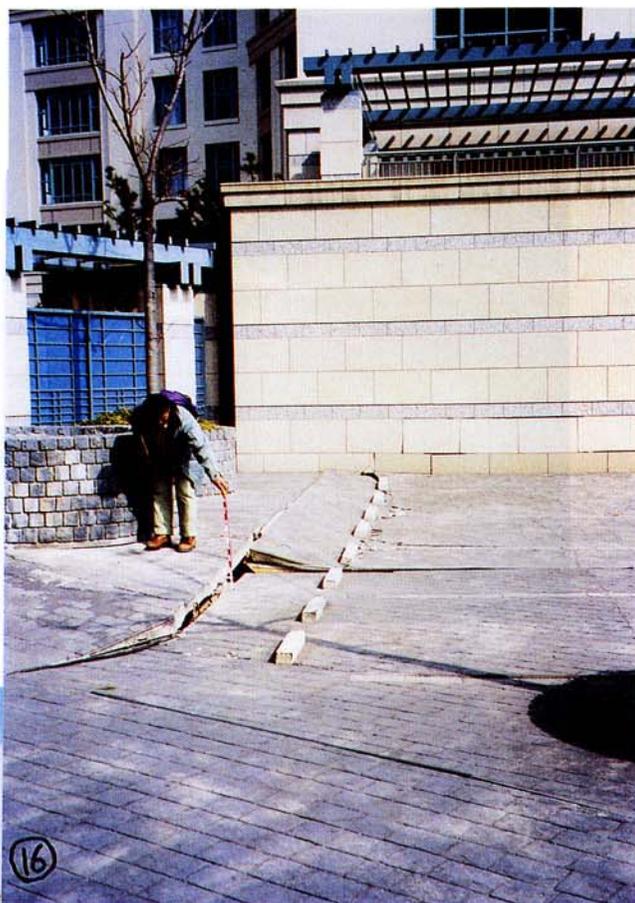
写真A-1

開口クラック (右ずれ)





↑ ↗
写真A-2 甲南大学の校舎と塀の被害



写真A-3 開口クラック



写真A-4 中学校校舎の被害



← 写真A-5 家屋を横断するクラック

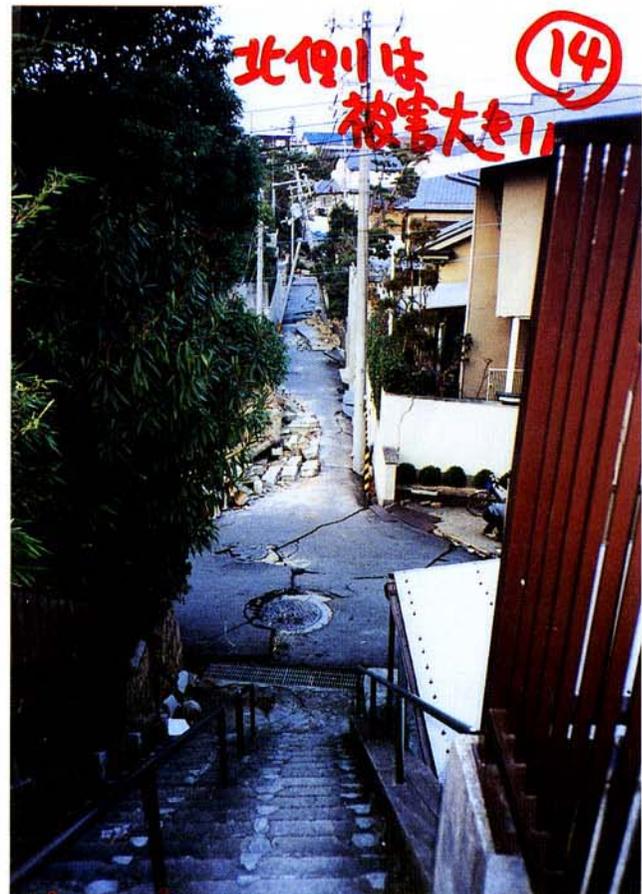
写真A-6 路面のクラック (右ずれ)



甲陽断層

写真K-1 開口クラック

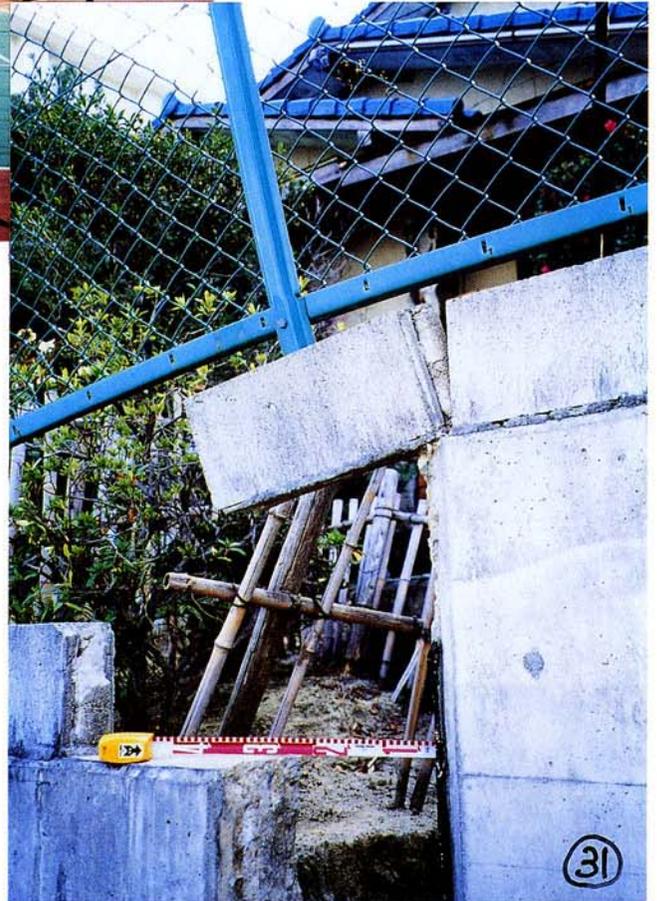
写真K-2 路面クラックと家屋の被害





写真K-3 路面の陥没

写真K-4 ブロック塀の変形



伊丹断層



写真I-2 河川堤防の損傷

写真I-1 開口クラック



土木構造物の被害代表写真

① 鉄道施設

在来線，土留め工（石積み，RRR），新幹線の高架

② 道路施設

阪神高速3号神戸線の高架，橋脚

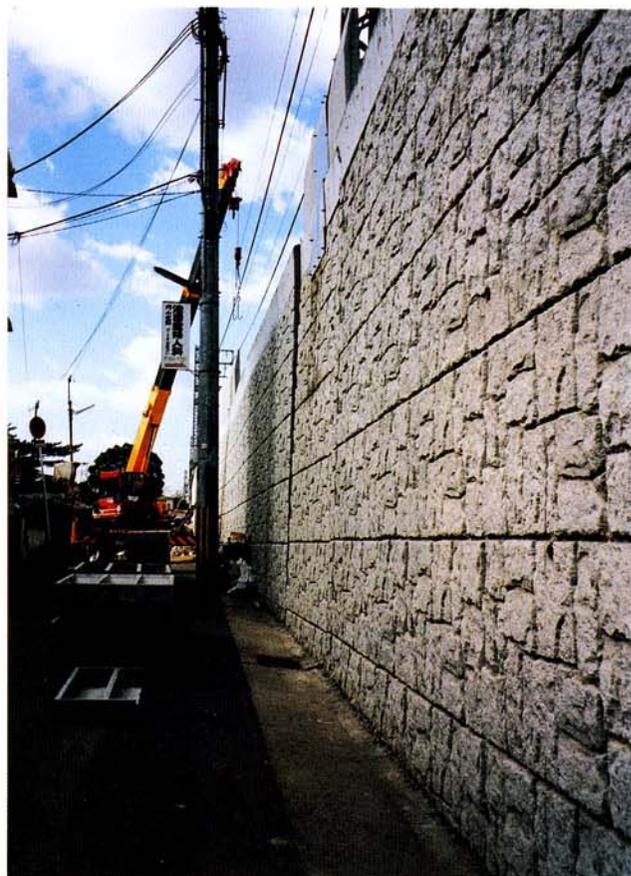
③ 河川構造物

淀川左岸側

④ 埋立地における港湾施設

ポートアイランド，六甲アイランド

鉄道施設（その1）盛土構造物の代表的な被害記録写真



東灘区森南1丁目におけるRRR工法採用の土留め工（超震度7でも極く軽微な被害）



東灘区JR住吉駅付近の石積み擁壁（震度7～超震度7で法肩の陥没や壁面にクラック発生）

鉄道施設（その2）高架橋構造物の代表的な被害記録写真（山陽新幹線）



武庫川～六甲トンネル間の桁の落下



橋脚の損傷（鉄筋が伸びきっている）



基礎地盤の液状化（基礎の損傷は見られない）

高速道路の代表的な被害記録写真
(阪神高速3号神戸線)



灘区深江南町3丁目付近の高速道路の倒壊（ピルツ工法を使用、地震発生直後に撮影）

中央区元町～神戸駅間の橋脚の損傷



灘区深江南町における橋桁の落下



河川構造物の代表的な被害記録写真 (大阪市此花区淀川左岸)



左岸堤防の沈下と側方変形



伝法こう門のクラック



左岸側高水敷の液状化跡

港湾施設（その1）の代表的な被害記録写真（ポートアイランド）



護岸背面のエプロンの陥没



護岸のせりだしとクレーンの傾斜



液状化による地割れ

港湾施設（その2）の代表的な被害記録写真



六甲アイランドフェリー乗り場のエプロンの陥没



六甲アイランドエプロンの陥没と重機の転倒

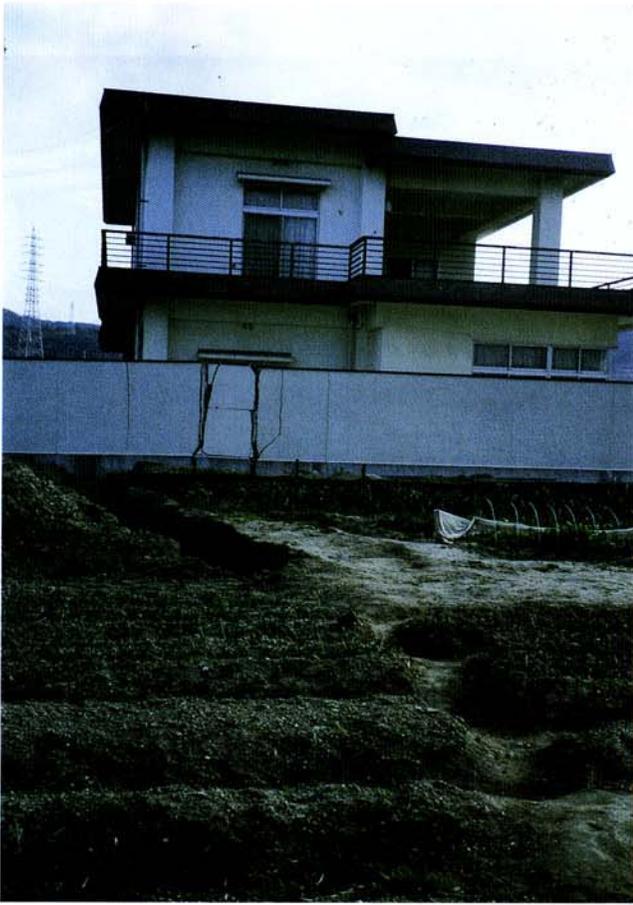


神戸港第2突堤～第3突堤間の岸壁のせりだしとそれに伴う沈下

その他の地震災害現象の代表写真

- ① 断層変位と斜面崩壊
- ② 火災による延焼

断層変位と斜面崩壊



淡路島北淡町の野島断層の変位跡



六甲ケーブル下駅から見た諏訪山断層付近の斜面崩壊

地震直後の火災による延焼



東灘区青木駅南口



須磨区常盤町付近（JR新長田駅に近い）