

マイクロフィルム用資料

ISSN 0386-5878

139

土木研究所資料第3769号

土木研究所資料

平成12年(2000年) 鳥取県西部地震緊急調査報告書

平成12年12月

建設省土木研究所

Copyright © (2000) by. P. W. R. I.

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

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

平成12年(2000年)鳥取県西部地震緊急調査報告書

耐震技術研究センター長	常田 賢一
動土質研究室	室 長 松尾 修
	主任研究員 岡村 未対
	研 究 員 佐々木哲也
	研 究 員 田本 修一
防災技術課	課 長 杉田 秀樹
	管 理 係 長 葛西 伸寛
	研 究 員 大谷 康史
	研 究 員 真田 晃宏
振動研究室	研 究 員 小林 寛
	松本 俊輔
耐震研究室	主任研究員 西岡 勉
	研 究 員 西田 秀明
フィルダム研究室	主任研究員 岩下 友也
ダム構造研究室	主任研究員 佐々木 隆
地質研究室	主任研究員 阿南 修司
急傾斜地崩壊研究室	主任研究員 浅井 健一
下水道研究室	主任研究員 檜物 良一

要 旨

2000年10月6日13時30分頃、米子市の南約20kmを震源とするマグニチュード7.3(暫定値)の地震が発生した。土木研究所は、翌7日に緊急調査団を派遣し、その後数次にわたり延べ14人の職員を派遣し、公共土木施設等の地震被害の実態調査を実施した。本報告書は、それらの調査結果を含む被害実態の概要をとりまとめたものである。

目 次

1. はじめに	1
2. 調査概要	2
2.1 土木研究所の対応状況	2
2.2 現地調査団の派遣	2
3. 地震動の特性	3
3.1 強震記録	3
3.1.1 地震の概要	3
3.1.2 強震観測記録	3
3.1.3 強震観測に基づく地震動の特性	11
3.1.4 加速度応答スペクトルの特性	11
3.2 地質	15
3.3 地震断層調査結果	15
3.3.1 文献に記載された断層	15
3.3.2 空中写真判読による線状模様	15
3.3.3 地盤の変状	18
4. 地震被害の概要	28
5. 地盤災害	29
5.1 概要	29
5.2 液状化発生日域の地形、地質	29
5.3 箇所別液状化被害状況	31
5.3.1 昭和町工業団地	31
5.3.2 竹内工業団地	31
5.3.3 富益団地	43
5.3.4 崎津団地	43
5.3.5 安部彦名団地	48
5.3.6 中海湖岩	48
5.3.7 その他	51
5.4 まとめ	51

6. 道路施設	53
6.1 橋梁の被害	53
6.1.1 概要	53
6.1.2 調査した橋梁の被害	53
6.2 落石・斜面崩壊による道路の被害	68
6.2.1 概要	68
6.2.2 調査した落石・斜面崩壊による道路の被害状況	69
6.2.3 まとめ	71
7. 河川管理施設	74
7.1 堤防	74
7.1.1 河川堤防	74
7.1.2 中海沿岸堤防	74
7.1.3 穴道湖沿岸堤防	84
7.2 ダム	95
7.2.1 はじめに	95
7.2.2 ダムの臨時点検結果	95
7.2.3 現地調査結果	96
7.2.4 地震加速度について	108
7.2.5 まとめ	114
8. 土砂災害	115
8.1 被害の概要	115
8.2 地震発生直後の降雨状況	115
8.2.1 地震発生前の降雨状況	115
8.2.2 地震発生後の降雨と土砂災害の状況	117
8.3 鳥取県西部地震による斜面崩壊の分布	118
8.3.1 断層の推定位置と崩壊地の分布	118
8.3.2 地質と崩壊地の分布	118
8.3.3 急傾斜地崩壊危険箇所の崩壊率の分布	118
8.3.4 崩壊発生範囲	118
8.4 鳥取県西部地震による崩壊地の特徴	120
8.5 崩壊防止施設の被災状況	121
8.6 警戒・避難の状況	122
8.7 各調査箇所の状況	123
8.8 まとめ	149

9. 下水道施設	150
9.1 被害の概要	150
9.2 箇所別被害状況	151
9.2.1 境港市竹内団地	152
9.2.2 境港市幸神町	152
9.2.3 境港市中浜畜産団地	152
9.2.4 境港市外江町	152
9.2.5 境港市下水道センター	153
9.2.6 米子市安倍彦名団地および内浜下水処理場	153
9.2.7 米子市富益団地	154
9.2.9 米子市崎津団地	154
9.3 まとめ	154
10. 復旧・救援体制	161
10.1 概要	161
10.2 災害への対応	161
10.2.1 政府	161
10.2.2 関係省庁	161
10.2.3 建設省	161
10.2.4 地方公共団体	162
10.3 地震後の復旧活動及び講じられた対策・措置	162
10.3.1 生活の確保	162
10.3.2 交通の確保	163
10.3.3 その他	163
11. あとがき	164
謝辞	165

1. はじめに

2000年（平成12年）10月6日13時30分頃、米子市の南約20kmの日野町付近を震源とするマグニチュード7.3（暫定値）の地震が発生した。本地震は「平成12年（2000年）鳥取県西部地震」と名付けられたが、鳥取県境港市で震度6強、同西伯町で震度6弱が観測され、国内では1995年1月17日の阪神淡路大震災以来の大地震となった。

土木研究所では震災対策本部の設置には至らなかったが、地震発生直後から関係課室において情報収集を開始するとともに、同日16:00に所内において防災担当者会議を開催し、諸情報に基づいて土木研究所独自の緊急調査団の派遣を決定した。具体的な調査行程は中国地方建設局と調整を行い、翌7日および8日の2日間の現地調査としたが、緊急調査であることおよび現地対応状況を勘案して、調査対象は鳥取県の西部の震源付近を中心として、事前に入手した情報に基づいて主要な施設被害箇所を選定するとともに、調査メンバーについても必要最小限とした。

緊急調査団は、松尾修動土質研究室長を団長として、下水道研究室・檜物良一主任研究員、振動研究室・小林寛研究員および動土質研究室佐々木哲也研究員から構成し、落石等の斜面災害、液状化による地盤災害および下水道施設・河川施設の被害を調査対象としたが、橋梁等の被害については主要な被害箇所の調査も行うこととした。現地への往復は予約の可否の心配をしながらも米子空港経由の空路により、現地では中国地方建設局倉吉工事事務所に案内等の対応をして頂いた。

土木研究所では以上の緊急調査団による調査以外にも、緊急調査で対応のできなかった調査あるいは緊急調査のフォローアップ調査のために、緊急調査に引き続いて適宜、現地調査を実施した。これらの調査は、地震の発生から11月中旬までの1箇月半の間に8回実施されており、調査対象も断層、ダム施設、崖崩れ、堤防、下水道施設、橋梁および防災体制等多岐に渡っているが、地質研究室、ダム構造研究室、フィルダム研究室、急傾斜地崩壊研究室、防災技術課、耐震研究室および動土質研究室から課室長あるいは主任研究員、研究員がそれぞれの専門分野について調査に当たっており、土木研究所の総合性、相互連携性を活かした調査を実施した。緊急調査団を含めると、この間に調査に当たったのは総勢19人であり、総調査日数は21日、延べ42人日となった。

本報告書は、緊急調査団および11月中旬までに実施した上記の現地調査による結果を集約し、今後の調査研究の基礎資料および地震対策の参考資料とするため、緊急的にとりまとめたものである。したがって、被害原因の究明あるいは今後の検討課題等に関しては十分に言及できていない面もあるが、それらについては今後別途の機会に譲ることにしたい。

2. 調査概要

2.1 土木研究所の対応状況

土木研究所では、地震発生を確認後ただちに防災担当職員を緊急招集し、土木研究所長を議長とする防災担当者会議を開催した。防災担当者会議では、本省・地建等から収集された地震被害情報に基づき、土木研究所職員を構成員とする現地調査団の派遣が決定された。

2.2 現地調査団の派遣

公共土木施設の被害状況を網羅的に調査し、復旧事業に緊急に必要なとされる資料、及び、土木研究所における調査研究に必要な資料を取得することを目的として、土木研究所現地調査団を派遣した。平成12年11月末日までに派遣された現地調査団のリストを示すと表-2.1の通りである。

表-2.1 土木研究所現地調査団（平成12年11月末日現在）

調査団員	調査期間	調査概要
動土質研究室長 松尾 下水道研究室 檜物、振動研究室 小林、動土質研究室 佐々木	10/7～10/8	地方道被害（溝口町、日野町、西伯町） 液状化被害（下水処理場、埋立地）
フィルダム研究室長 山口 ダム構造研究室 佐々木	10/8～10/10	ダム被害（賀祥ダム、管沢ダム）
地質研究室 阿南、大谷	10/11～10/13	地震断層調査（日野町、西伯町、日南町、溝口町、 伯太町）
急傾斜地崩壊研究室長 寺田 急傾斜地崩壊研究室 浅井	10/12～10/13	がけ崩れ被害及び警戒避難状況（鳥取、島根県）
動土質研究室 岡村、田本	10/12～10/13	堤防被害（弓浜干拓地） 下水道管路被害（米子市、境港市）
耐震研究室 西岡、西田	10/16～10/17	橋梁被害（日野町、西伯町）
フィルダム研究室 岩下、松浦	10/23～10/25	ダム被害（賀祥ダム、管沢ダム、鵜ノ池ダム） ため池被害、地震断層調査（緑水湖周辺） 地震動調査（墓石転倒状況）
地質研究室 阿南、品川	11/6～11/8	地震断層調査（日野町、西伯町、日南町、溝口町、 伯太町）
防災技術課長 杉田 防災技術課 真田	11/17	道路防災体制（中国地建、鳥取県、島根県、岡山県、 道路公団）

3. 地震動の特性

3.1 強震記録

3.1.1 地震の概要

平成12年(西暦2000年)10月6日13時30分頃に発生した鳥取県西部地震は北緯35度18分、東経133度24分付近、震源深さ10kmを震源とし、気象庁マグニチュードは7.3と推定されている。

この地震による各地の震度は、図-3・1に示すように震度6強が鳥取県西部、震度5強が岡山県北部、香川県東部、震度5弱が島根県東部、岡山県南部、徳島県北部、香川県西部、震度4が滋賀県南部、大阪府北部、兵庫県北部、兵庫県南東部、兵庫県南西部、兵庫県淡路島、鳥取県東部、島根県隠岐、広島県北部、広島県南東部、広島県南西部、愛媛県東予、愛媛県中予、高知県東部、高知県中部、震度3が滋賀県北部、京都府北部、京都府南部、大阪府南部、奈良県、和歌山県北部、和歌山県南部、島根県西部、徳島県南部、愛媛県南予である。中国地方を中心に近畿、四国地方の広範囲にわたり強い地震動が観測された。

気象庁の報道発表資料から鳥取県西部地震の余震活動の分布と余震活動の推移をそれぞれ図-3・2、図-3・3に示す。図-3・2によれば、地震発生後の同月8日23時までの余震の震源は鳥取西部地震の震源をほぼ中心にして北北西から南南東に伸びる地域に集中している。図-3・3より、本震発生より3日以内において震度1を超える余震とみられる地震が数多く観測されたが、以降は徐々に減少する傾向にある。

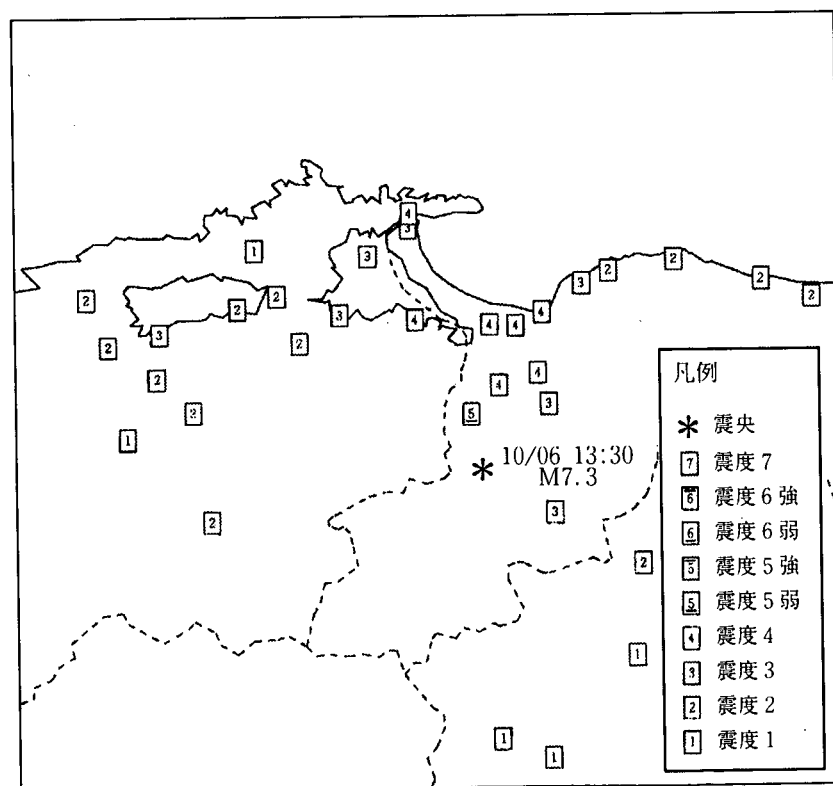


図-3・1 震度分布図 (気象庁報道発表資料)

3.1.2 強震観測記録

鳥取県西部地震で強い地震動が生じた地域では工事事務所の敷地などに建設省地震計ネットワークの強震観測点が、また、土木構造物などに一般強震観測の観測点が設けられている。現在までに回収された強震観

測記録の一覧を表-3・1に、観測点の位置を図-3・4に示す。

図-3・5に最大加速度の比較的大きな強震記録について、加速度時刻歴波形を示す。また、これらの強震記録は機器補正を施す前のデータである。図に示した観測地点は比較的震央に近く、P波とS波がほぼ同時に観測されている。ただ、出雲工事事務所では震源地から約60km程度離れているためにP波とS波の到達に若干の時間差が認められる。観測記録の継続時間は観測点によって長短は在るが、概ね50秒～100秒程度であった。

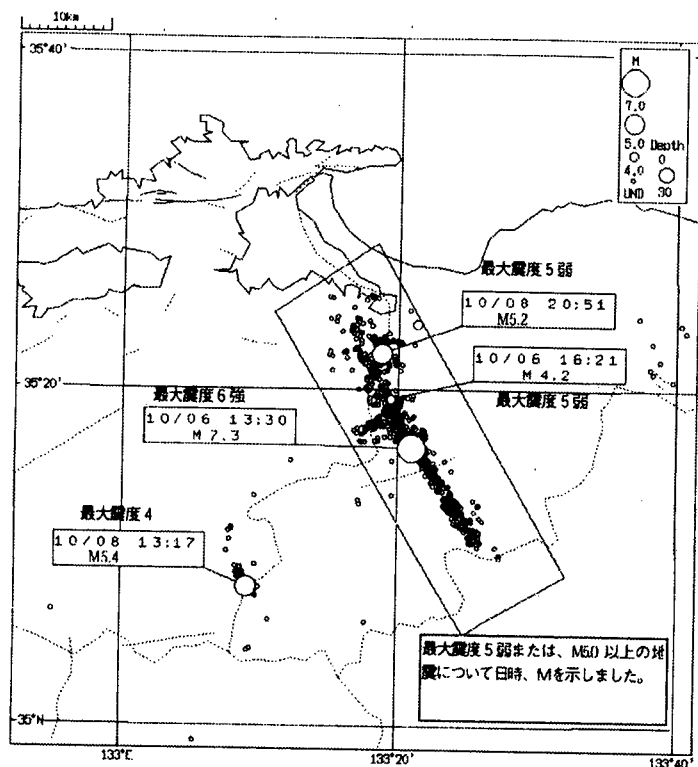


図-3・2 鳥取県西部地震の本震および余震活動（気象庁報道発表資料）

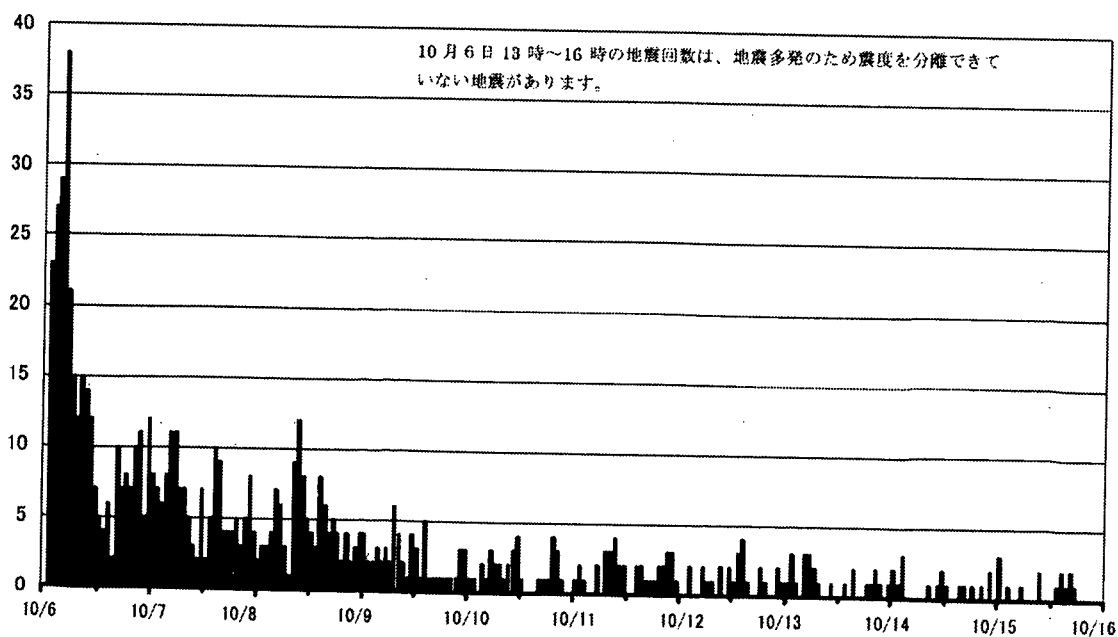


図-3・3 震度1以上が観測された地震回数 10月6日12時～10月16日12時（気象庁報道発表資料）

表-3・1 鳥取西部地震での主な観測一覧

E Q - N O	EQ-2000-10-00063		
地震名	鳥取西部地震		
地震発生年月日	2000年10月06日13時30分	深さ (km)	10
北緯	35° 18' 00"	規模 (M)	7.3
東経	133° 24' 00"	震度	6強

観測所番号 CG	種類	観測所名	最大加速度(gal)			震央 距離 (km)	北 緯			東 経		
			NS	EW	UD		度	分	秒	度	分	秒
CG1877210101	地盤	日野川工事事務所 (米子)	338.4	355.7	252.1	13 km	35	25	2	133	22	16
CG1877210201	地盤	菅沢ダム管理所 (菅沢ダム)	356.9	307.0	249.2	13 km	35	12	7	133	18	58
CG1877310101	地盤	出雲工事事務所 (出雲)	151.5	180.1	62.5	59 km	35	21	22	132	44	55
CG1877350201	地盤	頓原維持出張所 (頓原)	179.8	138.5	61.2	61 km	35	4	29	132	47	0
CG1877350301	地盤	朝山中継所 (大田)	130.0	115.4	72.3	76 km	35	15	19	132	33	56
CG1877560201	地盤	吉田 (吉田)	170.0	119.3	53.7	96 km	34	39	21	132	42	8
CG1877650101	地盤	広島維持出張所 (広島)	131.7	156.9	47.5	131 km	34	21	42	132	31	58
CG1877260201	地盤	中山気象観測所 (中山)	255.3	223.2	120.5	27 km	35	30	45	133	32	55
CG1877260101	地盤	倉吉工事事務所 (倉吉)	107.7	118.5	56.7	44 km	35	27	33	133	50	59
CG1877450101	地盤	津山出張所 (津山)	87.5	111.1	50.2	59 km	35	2	30	133	58	22
CG1877450401	地盤	美袋雨量観測所 (総社)	131.0	110.4	75.6	68 km	34	43	25	133	38	47
CG1877450501	地盤	草生雨量観測所 (御津)	90.4	114.7	56.5	73 km	34	49	14	133	56	35
CG1877410101	地盤	岡山河川工事事務所 (岡山観測局)	78.5	114.3	40.6	87 km	34	38	53	133	55	16
CG1877410201	地盤	百間川出張所 (岡山南観測局)	107.7	111.0	37.9	94 km	34	36	25	133	59	19
CG1877410401	地盤	坂根堰観測局 (坂根堰)	148.4	133.9	70.0	90 km	34	43	53	134	6	35
CG1877550101	地盤	福山工事事務所 (福山)	127.8	130.4	9.1	90 km	34	29	33	133	22	44
CG1877610301	地盤	高瀬堰観測局 (高瀬堰)	33.2	101.5	51.8	123 km	34	28	37	132	30	8
CG1877610201	地盤	小瀬川出張所 (岩国観測局)	128.7	105.5	38.7	164 km	34	12	19	132	11	45
CG1877410501	頂部地表	百間川右岸 (沖元)	43.2	68.5	19.2	94 km	34	36	30	133	59	20
CG1877410502	頂部地中 (-30)	百間川右岸 (沖元)	80.4	128.2	39.8	94 km	34	36	30	133	59	20
CG1877410503	下段地表	百間川右岸 (沖元)	47.3	138.1	26.1	94 km	34	36	30	133	59	20
CG1877410504	下段地中 (-2.5)	百間川右岸 (沖元)	85.0	124.0	28.5	94 km	34	36	30	133	59	20
CG1877410505	下段地中 (川側)	百間川右岸 (沖元)	99.1	123.4	29.6	94 km	34	36	30	133	59	20
CG1877410301	地盤	吉井川上流出張所 (和気観測局)	75.1	91.5	42.4	88 km	34	47	46	134	8	46
CG1877450201	地盤	玉島維持出張所 (倉敷)	31.3	28.7	16.1	88 km	34	32	42	133	41	28
CG1877450301	地盤	八木山気象観測所 (備前)	32.3	31.3	18.7	97 km	34	47	36	134	16	9
CG1877610101	地盤	己斐出張所 (己斐観測局)	52.4	49.2	0.2	133 km	34	23	51	132	26	5
CG1877250201	地盤	智頭除雪基地 (智頭)	62.5	70.6	36.4	76 km	35	15	50	134	14	4
CG1877250101	地盤	鳥取工事事務所 (鳥取)	68.5	61.8	40.9	78 km	35	30	36	134	13	31
CG1877250401	地盤	河原出張所 (河原)	83.6	78.9	32.3	74 km	35	24	16	134	12	7
CG1877250301	地盤	落折無線中継所 (落折)	18.0	18.0	10.7	100 km	35	17	40	134	30	12
CG1877550301	地盤	三原 R 2 (三原)	73.9	85.4	43.0	106 km	34	23	12	133	3	36

観測所数	28 地点
観測地点数	32 地点
記録数	96 成分

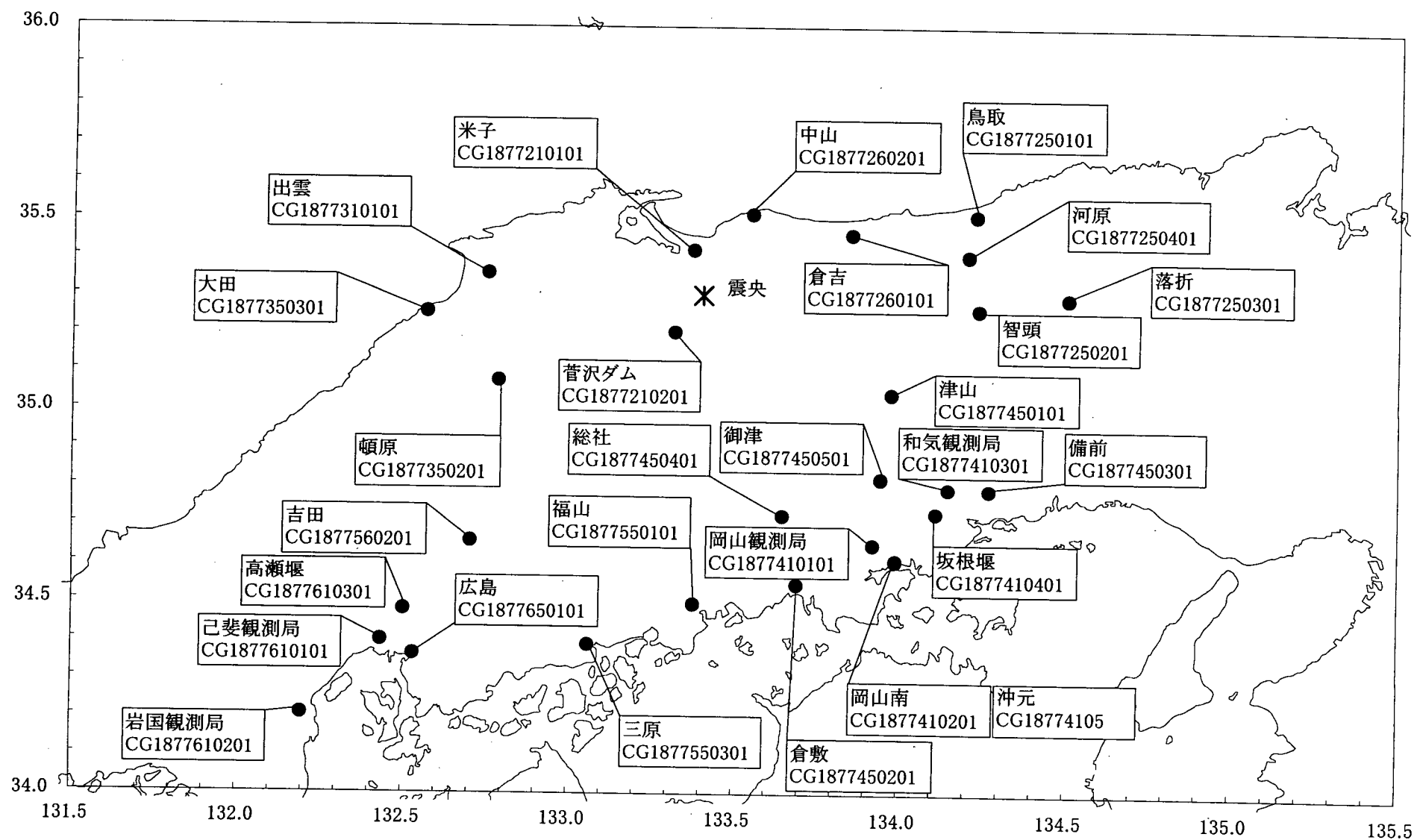
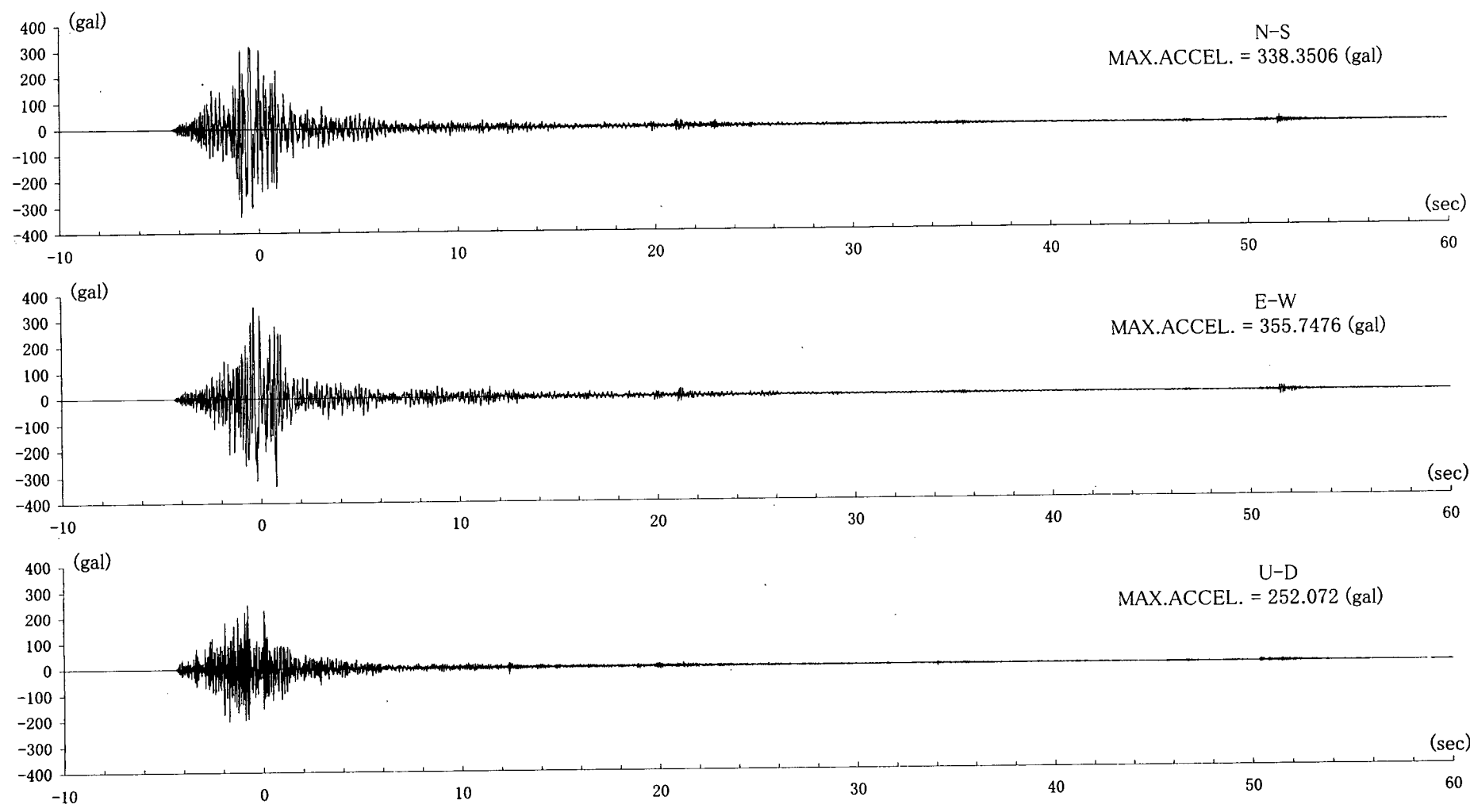


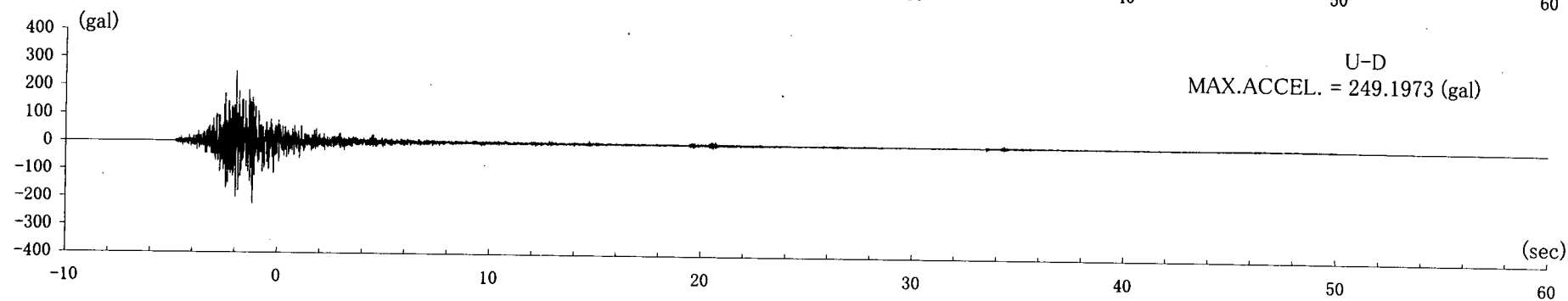
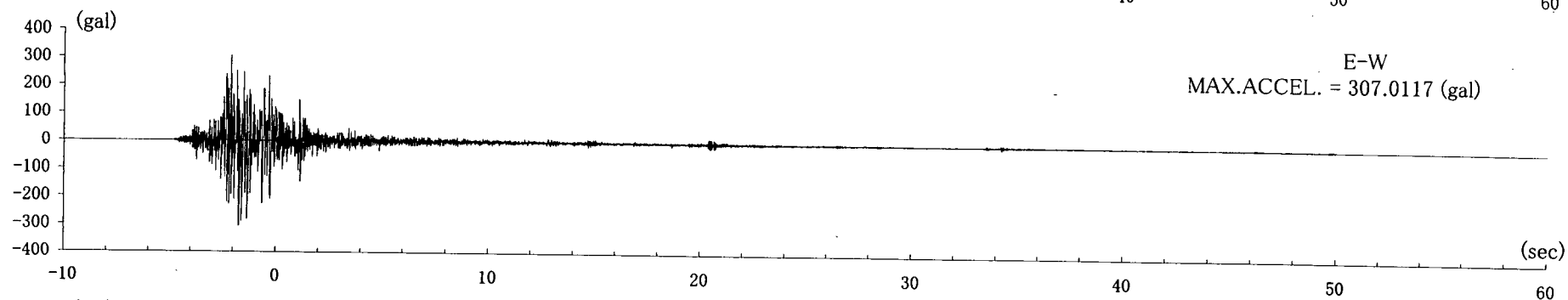
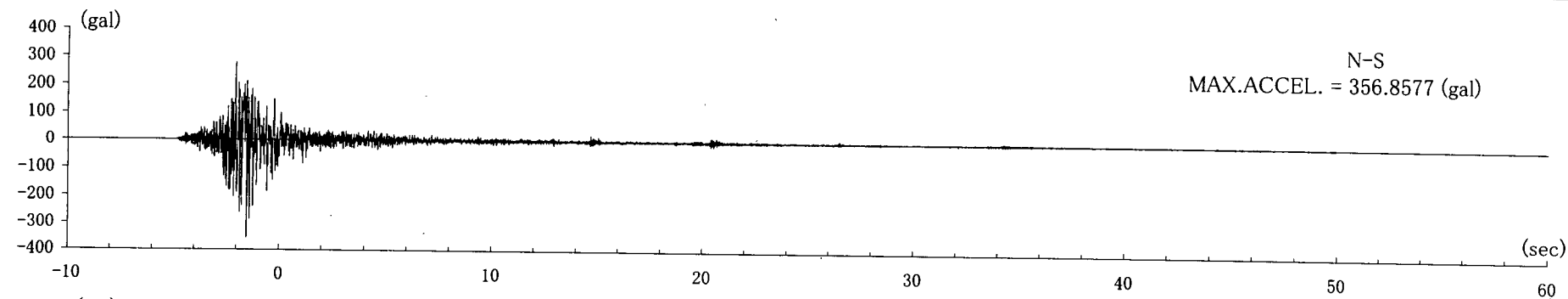
図-3・4 強震記録の得られた観測地点の位置

地震諸元	地震番号	発震時刻	震央地名(地震名)	M	最大震度	震源諸元	北緯(度,分)		東経(度,分)		震源深さ
	EQ-2000-10-00063	2000/10/06 13:30	鳥取県西部(鳥取県西部)	M7.3	6強		35	18	133	24	10m
観測点諸元	ID	トリガー時刻	観測所名	地区名		深さ	備考				
	CG1877210101	2000/10/6 13:30:21	日野川工事事務所(米子)	中国地建		地盤					



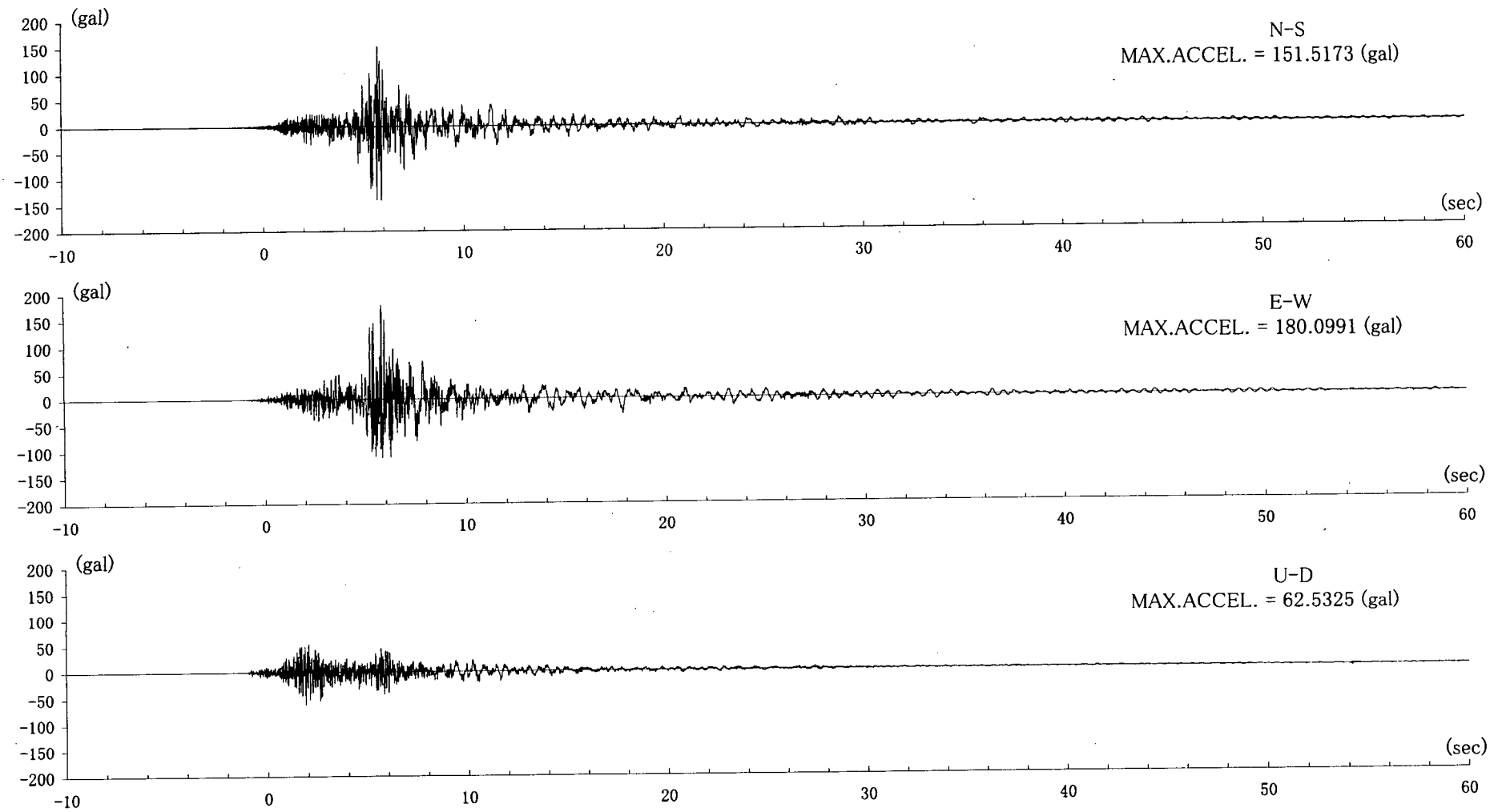
日野川工事事務所(米子)
図-3・5・1+B30 加速度時刻歴波形

地震諸元	地震番号	発震時刻	震央地名(地震名)	M	最大震度	震源諸元	北緯(度,分)		東経(度,分)		震源深さ
	EQ-2000-10-00063	2000/10/06 13:30	鳥取県西部(鳥取県西部)	M7.3	6強		35	18	133	24	
観測点諸元	ID	トリガー時刻	観測所名	地区名		深さ	備考				
	CG1877210201	2000/10/6 13:30:20	菅沢ダム管理所(菅沢ダム)	中国地建		地盤					



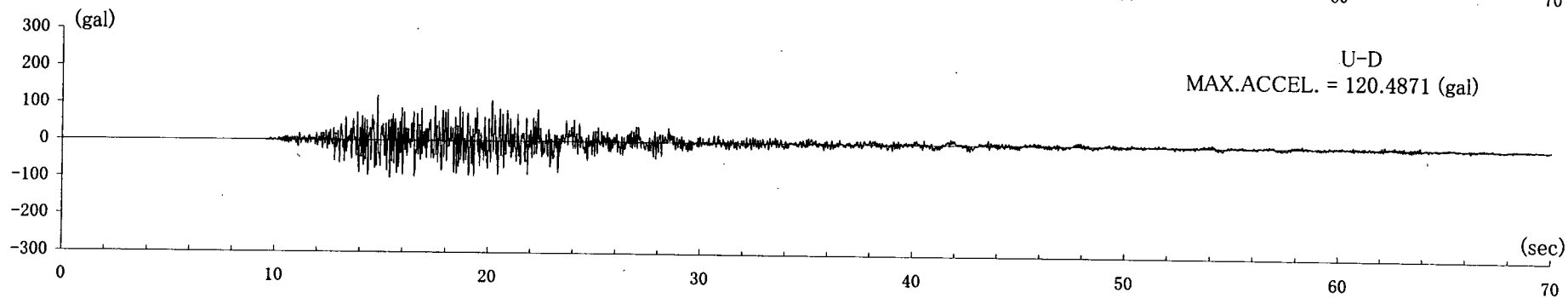
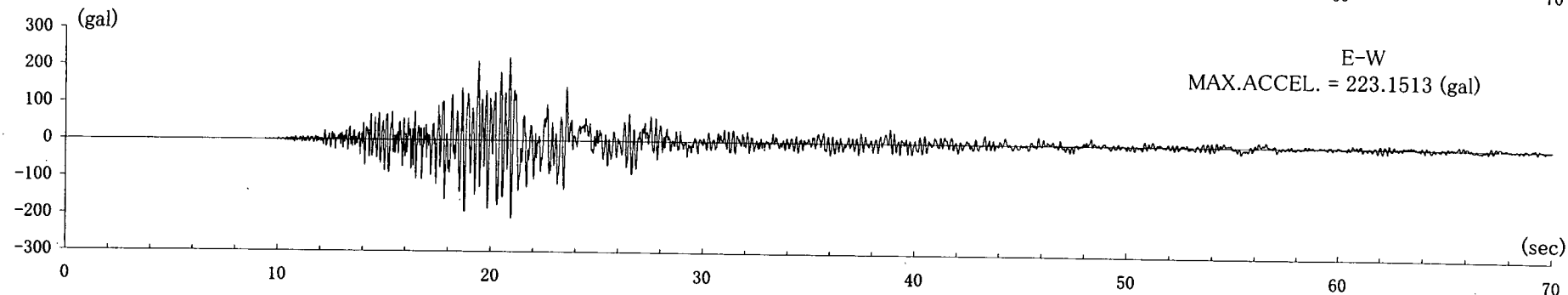
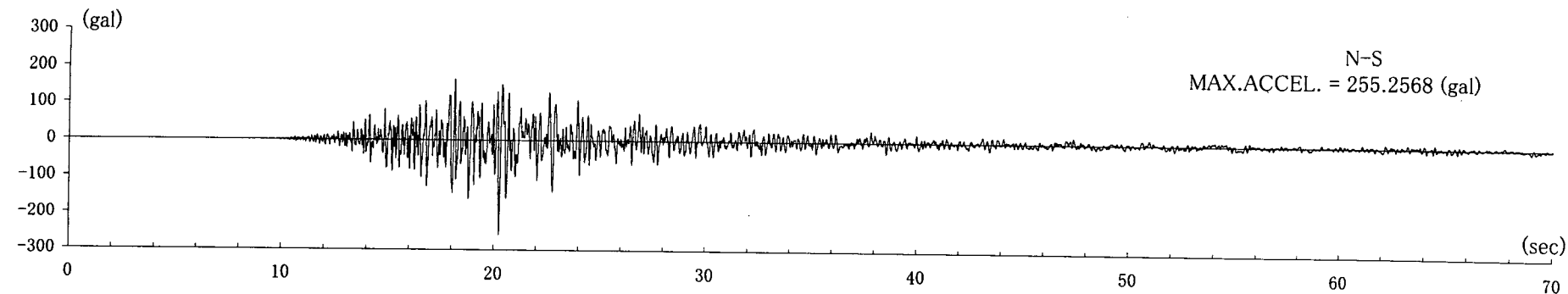
菅沢ダム管理所(菅沢ダム)
図-3・5・2 加速度時刻歴波形

地震諸元	地震番号	発震時刻	震央地名(地震名)	M	最大震度	震源諸元	北緯(度,分)		東経(度,分)		震源深さ
	EQ-2000-10-00063	2000/10/06 13:30	鳥取県西部(鳥取県西部)	M7.3	6強		35	18	133	24	10m
観測点諸元	ID	トリガー時刻	観測所名	地区名		深さ	備考				
	CG1877210101	2000/10/6 13:30:28	出雲工事事務所	中国地建		地盤					



出雲工事事務所
図-3・5・3 加速度時刻歴波形

地震諸元	地震番号	発震時刻	震央地名(地震名)	M	最大震度	震源諸元	北緯(度,分)東経(度,分)				震源深さ
	EQ-2000-10-00063	2000/10/06 13:30	鳥取県西部(鳥取県西部)	M7.3	6強		35	18	133	24	10m
観測点諸元	ID	トリガー時刻	観測所名	地区名		深さ	備考				
	CG1877260201	2000/10/6 13:30:15	中山気象観測所(中山)	中国地建		地盤					



中山気象観測所(中山)
図-3・5・4 加速度時刻歴波形

3.1.3 強震観測に基づく地震動の特性

表-3・1に示した建設省の地震計ネットワーク及び一般強震観測で観測された強震記録について、水平成分の最大加速度と震央距離との関係を示すと、図-3・6のようになる。図中の実線はマグニチュードを7.3とした場合の最大加速度の距離減衰曲線¹⁾（Ⅱ種地盤）を示しており、破線はこの曲線からの標準偏差分のばらつきを示している。図-3・6によると、観測結果は全般に距離減衰式による推定値より小さい値を示す傾向が認められる。個々の強震記録の特性については今後詳細な解析が必要とされるが、このような現象が生じた理由の1つとして、今回の地震については気象庁発表のマグニチュードが大き目の値であったことが考えられる。

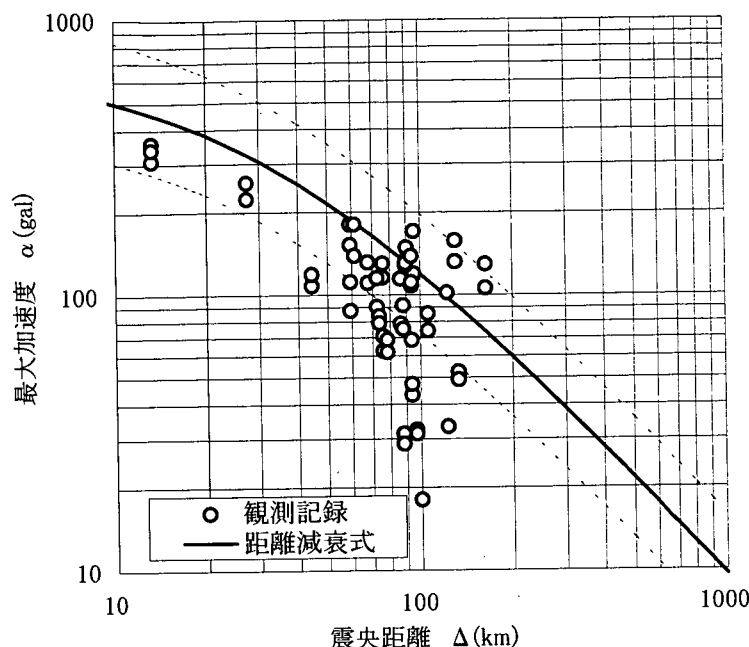


図-3・6 最大加速度の距離減衰特性

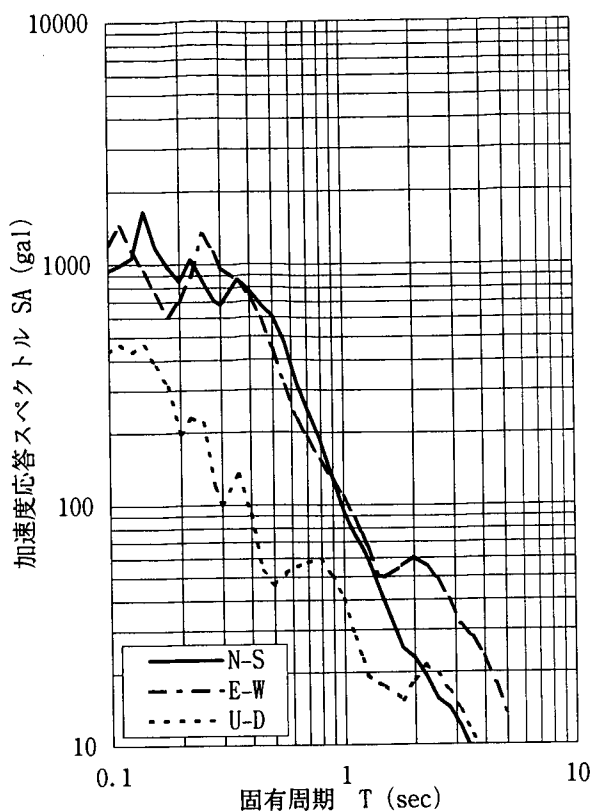
3.1.4 加速度応答スペクトルの特性

図-3・5に示した加速度時刻歴波形に対して減衰定数5%の加速度応答スペクトルを求めた結果を図-3・7に示す。日野川工事事務所記録の水平成分は固有周期0.1秒～0.3秒の範囲で1000galを超える加速度応答を示している。菅沢ダム管理所記録は、固有周期0.1秒付近で1000gal程度の加速度応答を示し、固有周期の増加に伴い加速度応答値は減少するが、固有周期1～2秒においてピークを有している。出雲工事事務所記録の加速度応答スペクトルは固有周期0.5～0.7秒付近にピークを有するものの、それ以外は固有周期の増加に従い概ね単調に減少する。中山気象観測所記録は、周期0.2秒～0.4秒付近に加速度応答値のピークが見られる。

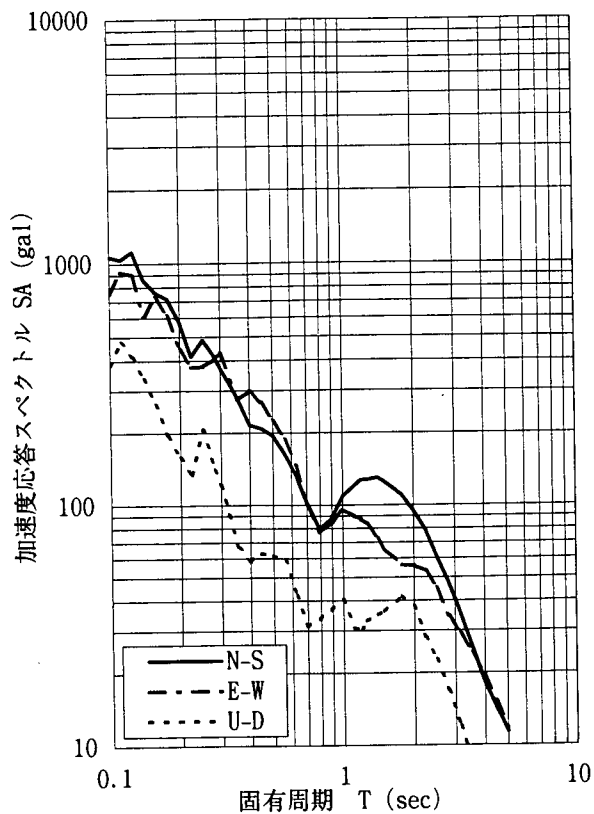
図-3・8(a)～(c)に、平成7年兵庫県南部地震による代表的な強震記録の加速度応答スペクトル(減衰定数5%)を示す。(a)は神戸海洋気象台記録、(b)はJR鷹取駅記録、(c)は大阪ガス葺合供給所記録である。また、同図(d)の地表記録として示した実線は鳥取県西部地震において観測された、防災科学技術研究所の強震観測網 Kyoshin Network (K-NET)7地点の水平14成分、基盤強震観測網 Kiban-Kyoshin Network (KiK-net)10地点の

地表での水平20成分、表-3・1に示した強震記録のうち地表面での最大加速度が100galを超える成分を含む19地点の水平38成分、合計36地点72成分の強震記録の加速度応答スペクトルである。図-3・8(d)には、最大加速度921galを記録したKIK-NETの鳥取県日野観測点(TTRH02)の加速度応答スペクトルも示している。

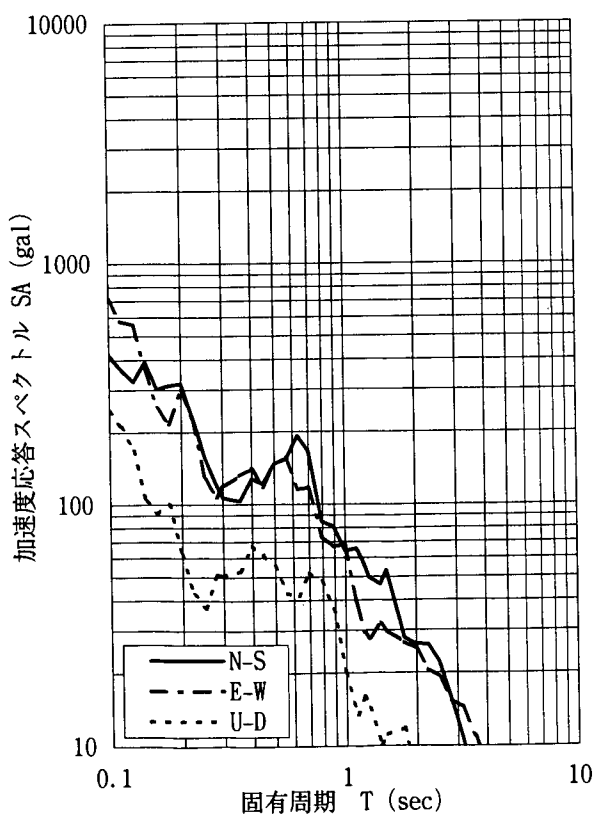
図-3・8(d)によると、日野記録の加速度応答スペクトルは固有周期0.6～0.9秒付近にピークを有し、鳥取県西部地震による他の強震記録の加速度応答スペクトルが固有周期0.1秒～0.4秒付近にピークを有しているのに対して長周期側で卓越していることが分かる。また、兵庫県南部地震の代表的な強震記録と比較して、日野記録の加速度応答スペクトルのピークは同等あるいはそれ以上の値を示すが、日野記録の加速度応答スペクトルは兵庫県南部地震による代表的な強震記録と比較して卓越する周期帯が狭いことが分かる。



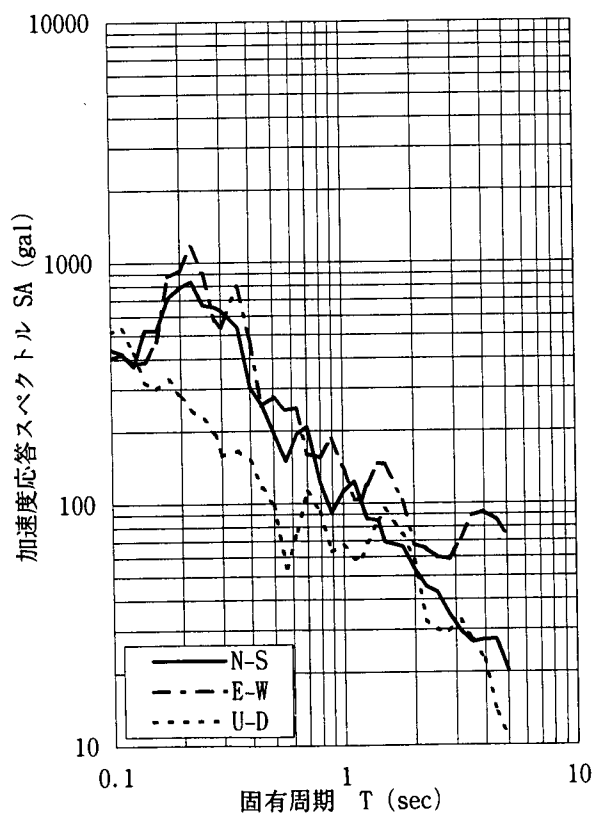
(a) 日野川工事事務所 (米子)



(b) 菅沢ダム管理所 (菅沢ダム)

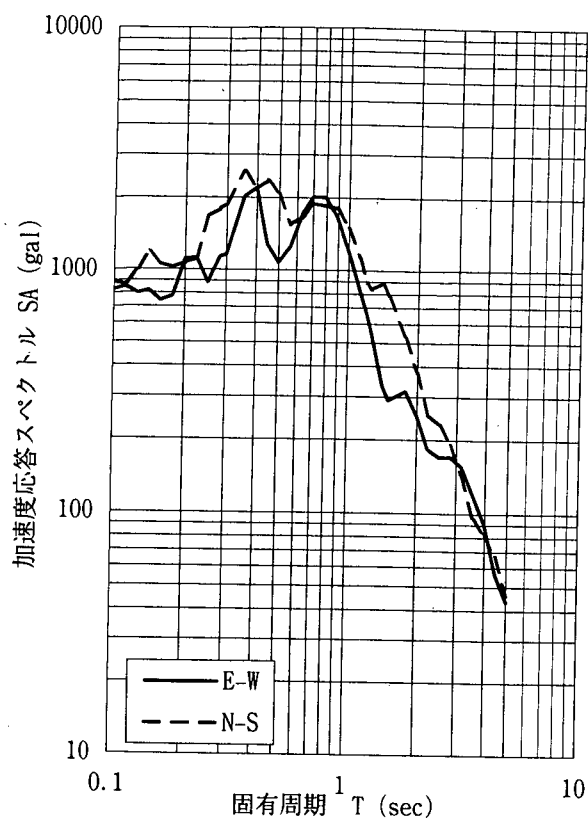


(c) 出雲工事事務所

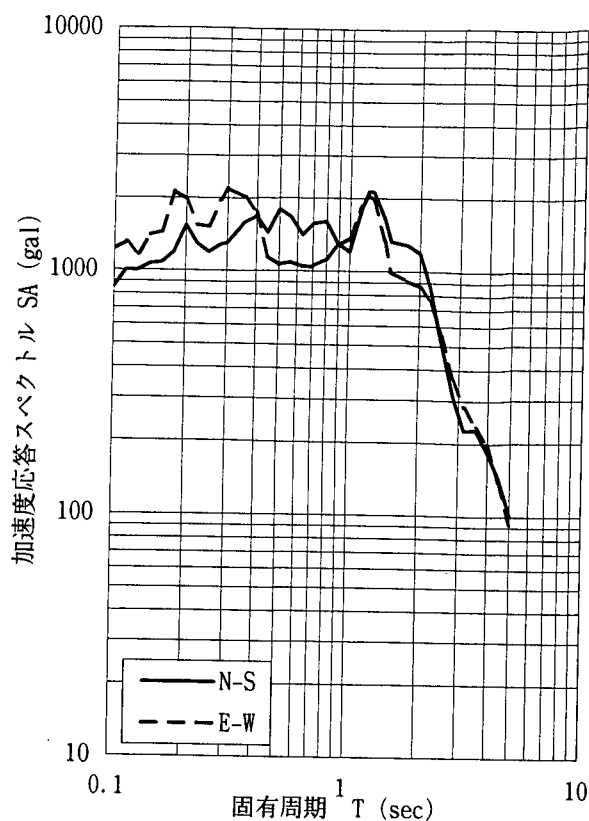


(d) 中山気象観測所 (中山)

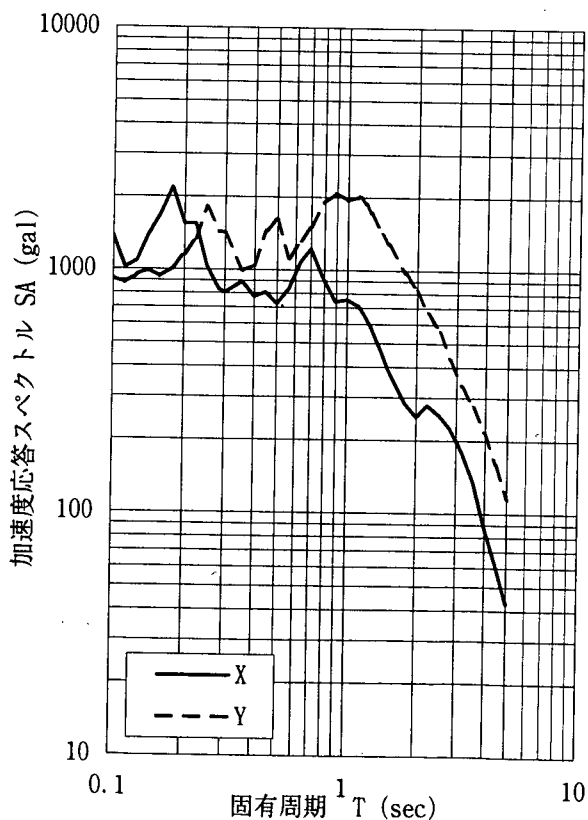
図-3.7 加速度応答スペクトル ($h=0.05$)



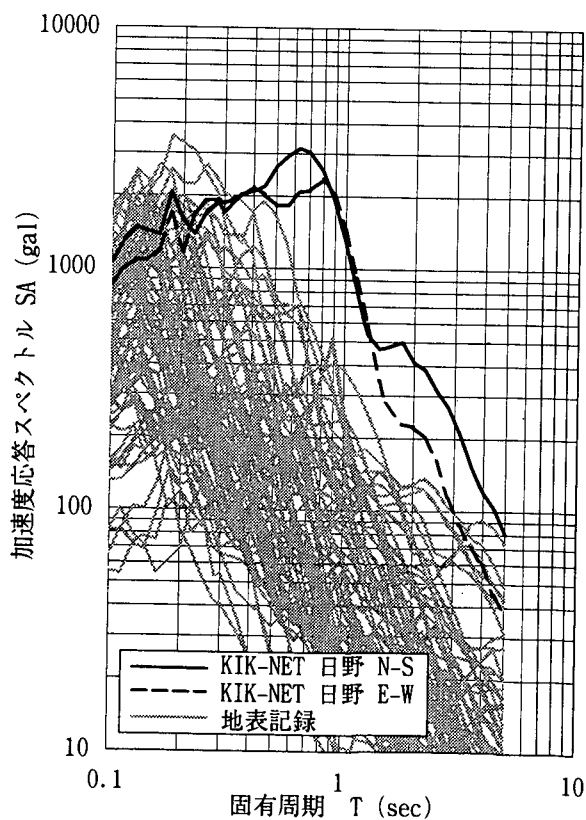
(a) 兵庫県南部地震 神戸海洋気象台記録



(b) 兵庫県南部地震 鷹取記録



(c) 兵庫県南部地震 葺合記録



(d) 鳥取県西部地震 地表記録

図-3.8 加速度応答スペクトルの比較($h=0.05$)

3.2 地質

鳥取県西部の日野川と島根東部の斐伊川に挟まれた地域の山間部には、白亜紀後期から古第三紀前期の花崗岩類が広く分布している²⁾ (図-3・9)。このうち最も広く分布するのは因美花崗岩類とよばれる粗粒花崗岩で、次いで花崗閃緑岩～花崗岩、花崗斑岩～石英斑岩が分布し、斑れい岩の岩体も小規模ながら分布している。これらの花崗岩類はいずれも風化作用を受け、マサ化し深層風化が進んでいる箇所や、節理や貫入岩に沿った風化によるゆるみも多くみられる。今回の地震による斜面災害は、このような花崗岩の分布域における表層の土砂崩落や節理による岩盤崩落がほとんどであった。また、因美花崗岩は磁鉄鉱が多く含まれることから、このマサを利用して「鉄穴（かな）流し」による砂鉄の採取が古くから行われた。これにより日野川や飯梨川の流域では、マサ採取による地形改変によって山間部に人工の平坦地形が形成され、大量の砂が供給されたことにより弓ヶ浜の外浜や飯梨川デルタに代表される河口平野が急速に拡大したと考えられている³⁾。

花崗岩分布域の南縁部の日野郡日南町木谷付近から江府町境にかけての日野川沿いには、泥質片岩を主体とする三郡変成岩が分布する。花崗岩分布域の北側の米子市から安来市にかけての丘陵部には、新第三紀の火山岩類を伴う堆積岩類が分布し、日野川から東側では大山からの更新世の火山噴出物が広く分布する。また日野郡日南町や西伯郡西伯町、会見町には中新世の玄武岩類が、中海の北西岸には更新世の玄武岩～安山岩が小規模な岩体を形成している。

中海周辺には安来平野、弓ヶ浜など広い低地が広がっており、完新世の砂礫層が厚く堆積している。このほかに、中海では干拓地、境港周辺では埋め立てによる人工地盤も広く分布する。今回の地震による液状化などの地盤災害はこれらの軟弱地盤地域に多くみられた。

3.3 地震断層調査結果

3.3.1 文献に記載された活断層

今回の地震の震源域周辺には、「活断層の疑いのある」線状模様が2本記載されている(図-3・10)。このうち「鎌倉山南方断層」は「新編日本の活断層⁴⁾」で確実度Ⅲ「活断層の疑いがあるが、変位の向きが不明であったり、他の原因によって形成された疑いが残るもの」として記載されているもので、露頭などで断層による変位は確認されていない。もう一つは「200 万分の1 活断層図⁵⁾」に「断層変位地形が最近数十万年前以降(特に後期更新世以降)に形成されたものかどうかの判定が難しいものや、断層変位地形が他の理由(成因)でも生じる可能性を残す」推定活断層として記載されているものであるが、これも露頭などで断層による変位は確認されていない。

今回の地震の余震域とこれらを比較すると、前者は余震域と直交に近い角度で交差し、後者については平行する方向ではあるが位置が約5km離れており、両者とも地震との関連性は低いと考えられる。

現地調査では、これら2本の断層周辺の道路沿いで観察を行ったが、いずれの「断層」の周囲でも地震断層による地盤の変状は確認されず、また断層にそって斜面崩壊が集中するなどの現象もみられなかった。

3.3.2 空中写真判読による線状模様

今回の余震域の中心にあたる鎌倉山の周辺(鳥取県西伯町、日南町、日野町、溝口町、島根県伯太町)に

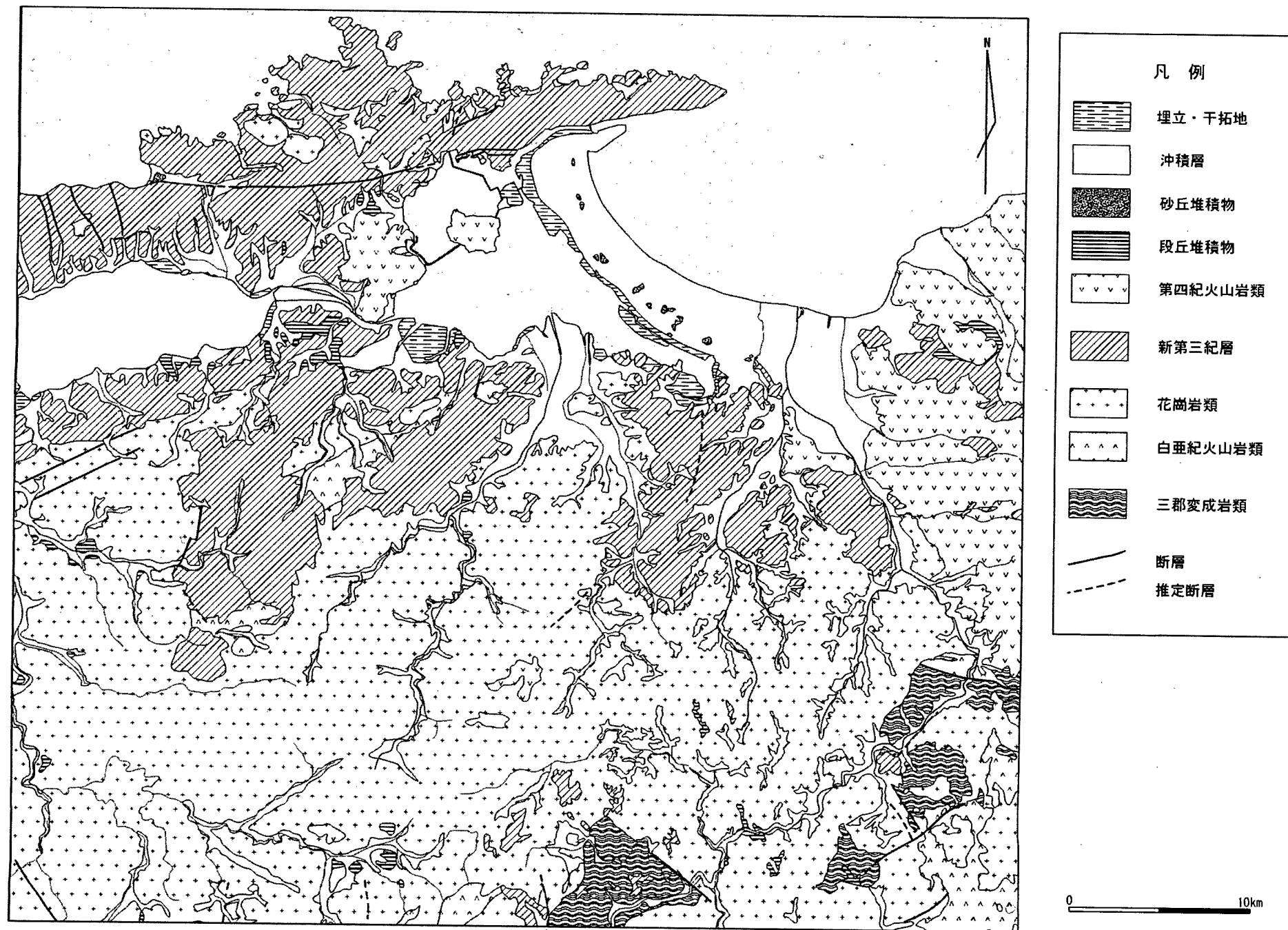
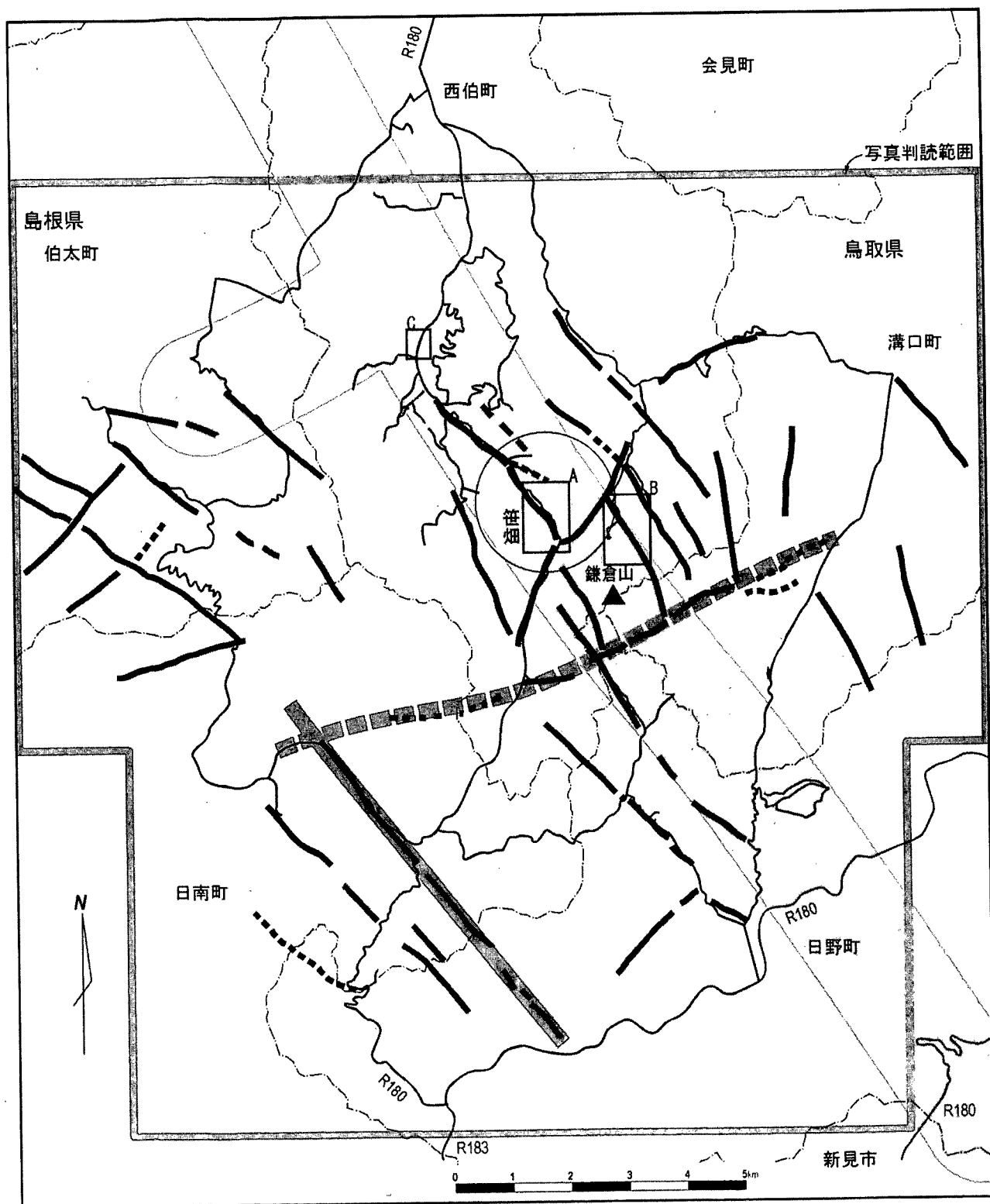


図-3-9 震源地周辺の地質 (中国地方土木地質図²⁾を簡略化)



- 空中写真判読による線状模様(活断層の可能性はないと思われる)
- ▨ 「新編日本の活断層」⁴⁾に記載された「鎌倉山南方断層」(確実度Ⅲ)
- ▨ 「1/200万日本の活断層図」⁵⁾に記載された推定活断層
- 調査ルート
- A, B, C 図-3-11~13の位置
- 余震域
- 本震震央

図-3-10 震源地付近の線状模様および地震断層調査範囲⁶⁾に加筆

ついて、空中写真判読により線状模様を抽出した（図-3・10）。これらの伸長方向は、北西－南東のトレンドをもつものが多く、北東－南西と北北東－南南西のトレンドのものもみられる。これらの線状模様は、直線的な地形の連続として判読されるもので、いずれも谷の系統的なずれなどの変位はみられず、活断層である可能性はないと思われる。

現地調査の結果、鎌倉山付近の北北西にのびる、2つの線状模様の周辺（図-3・10のAおよびB）に地盤の変状が確認された。

3.3.3 地盤の変状

(1) 笹畑付近

本震震央付近の鳥取県西伯町笹畑南東の国道180号沿いで、路面の圧縮性亀裂などの変状が約900mにわたって数カ所点在し、 $N30^{\circ}W$ 方向にほぼ並んでいる（図-3・11、図-3・10のAの位置）。最大で30cm程度の圧縮性の変位がみられる。これらの変状は、余震域の中心付近にあることから震源断層との関連が疑われるが、地震のメカニズムから推定される変位量に比べ変位量が小さいこと、変状の配列する方向は一致するが連続していないこと、変状をきたした応力の向きが様々であることから、震源断層が直接地表に達したものかどうか疑わしい。また、これらの変状は、北西延長にあたる大河内地区および南東延長にあたる大木屋地区では観察されない。

(2) 鎌倉山北方

鎌倉山の北側から西伯町金山にかけて、水田の亀裂、路面の圧縮亀裂などの変形が約1kmの範囲で点在し、最大で30cm程度の左横ずれ成分の変位がみられる（図-3・12、図-3・10のBの位置）。これらの変状も $N30^{\circ}W$ 方向にほぼ直線上に分布している。これらの変形についての広い範囲での延長は確認していないが、各地

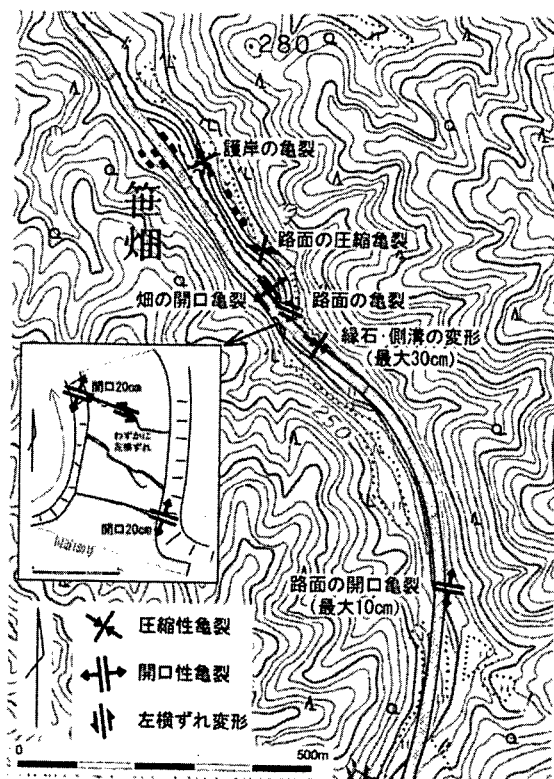


図-3・11 笹畑付近の変状の分布

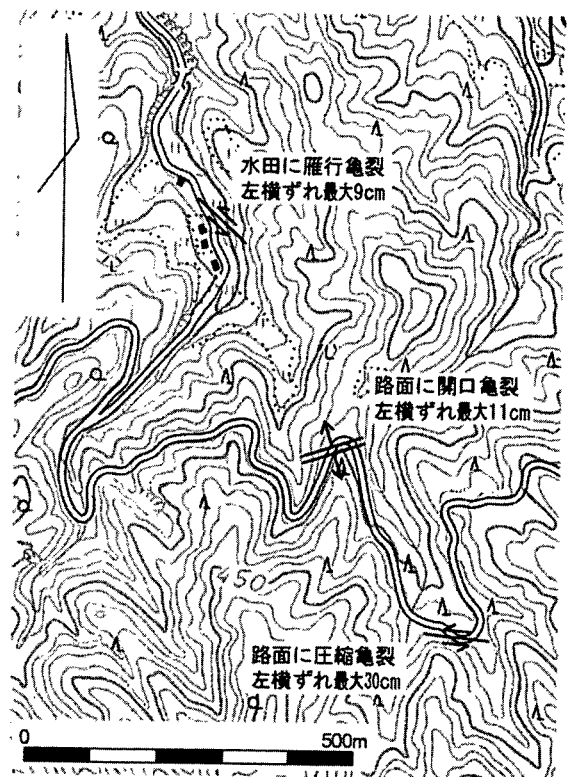


図-3・12 鎌倉山北方の変状の分布

点の周囲には変形が連続していない。これらの変形についても、余震域付近にあることから震源断層との関連が疑われるが、地震のメカニズムから推定される変位量に比べ変位量が小さいこと、変位の配列する方向は一致するが連続していないことから、震源断層が直接地表に達したものかどうか疑わしい。

(3) 緑水湖畔

西伯町下中谷の緑水湖畔の国道 180 号に面した造成地上に、雁行する亀裂が長さ約 100m、幅約 10m の範囲で分布している（図-3・13、図-3・10 の C の位置）。これらの全体としての方向は $N40^{\circ} W$ で、長さ数 m から数 cm の亀裂が $N50^{\circ} \sim 60^{\circ} W$ でミ型の雁行配列をしている。南側の一部の亀裂については、最大 4cm の東側の相対的な隆起がみられる。これらは南東側と北西側いずれにも連続していない。これらの変形は、全体としての変形のセンスが一致し、連続性もよいことから、一連の変形と考えられるが、ずれ成分はきわめて小さく、震源断層が直接地表に達したものかどうか疑わしい。

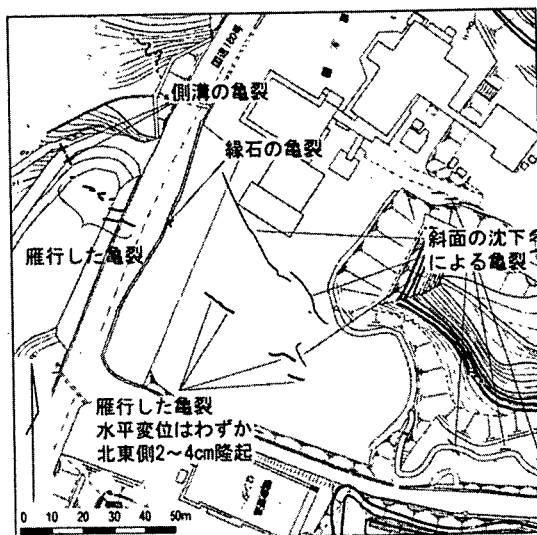


図-3・13 緑水湖畔の変位の分布

また、これらの亀裂の東側と南東側にも亀裂が見られるが、この箇所は造成前は深い谷の斜面であり、これらの亀裂の発生は風化層と盛土の変形によるものと考えられる。

参考文献

- 1) 川島一彦、相沢興、高橋和之：最大地震動及び地震応答スペクトルの距離減衰式，土木研究所報告，第 166 号，1985
- 2) 中国地方土木地質図編集委員会：中国地方土木地質図同解説書，建設省中国地方建設局，412p，1984
- 3) 貞方昇：山陰地方における鉄穴流しによる地形改変と平野形成，第四紀研究，vol. 24，pp167-176，1985
- 4) 活断層研究会：新編日本の活断層—分布と資料—，東京大学出版会，437p，1991
- 5) 200 万分の 1 活断層図編纂ワーキンググループ：「200 万分の 1 活断層図」—過去数十万年間の断層活動の特徴，活断層研究，vol. 19，pp3-12 および添付地図，2000
- 6) 土木研究所鳥取県西部地震緊急調査団：「平成 12 年（2000 年）鳥取県西部地震緊急調査報告」，土木技術資料，vol. 42，No. 12，pp6-9，2000

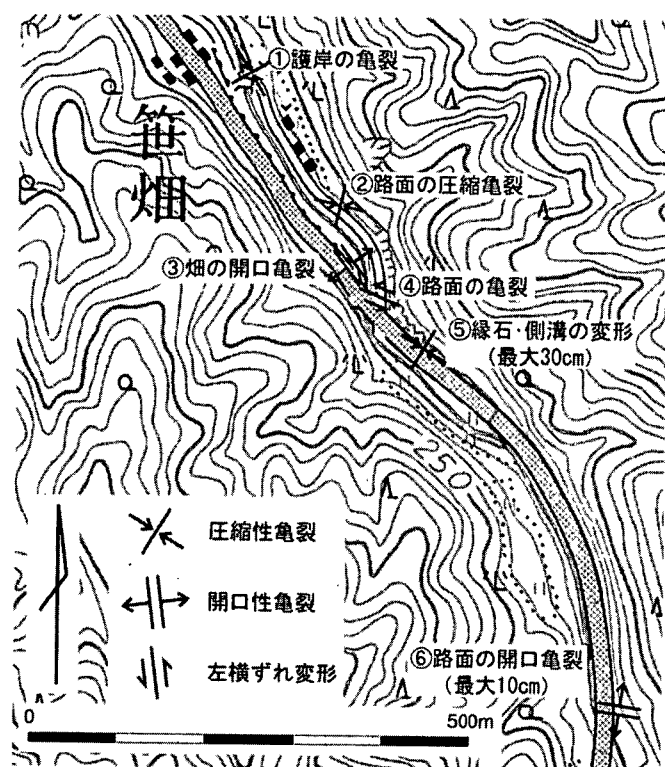


図-3-14 笹畑付近の変状の位置



写真-3-1 護岸の圧縮亀裂
(図-3-14 の①, 以下同じ)

ずれ成分はない。盛土の崩壊の可能性が高いが、他の地点の延長線上にある。



写真-3-2 路面の圧縮亀裂 (②)

50cm 前後の $N20^{\circ}E$ 方向の亀裂 2 本が雁行し、これらが $N30^{\circ}W$ 方向に並ぶ。ずれはわずか



写真-3-3 畑の開口亀裂 (③)

$N30^{\circ}W$ 方向に 10m 程度連続する。開口は 1cm 前後。盛土の崩壊による変形の可能性もある。



写真-3・4 路面の亀裂（図-3・14 の④）

路面を横切る長さ約 5m の亀裂が 3 条並ぶ。開口幅は最大 20cm で、わずかに左横ずれ成分を含む。

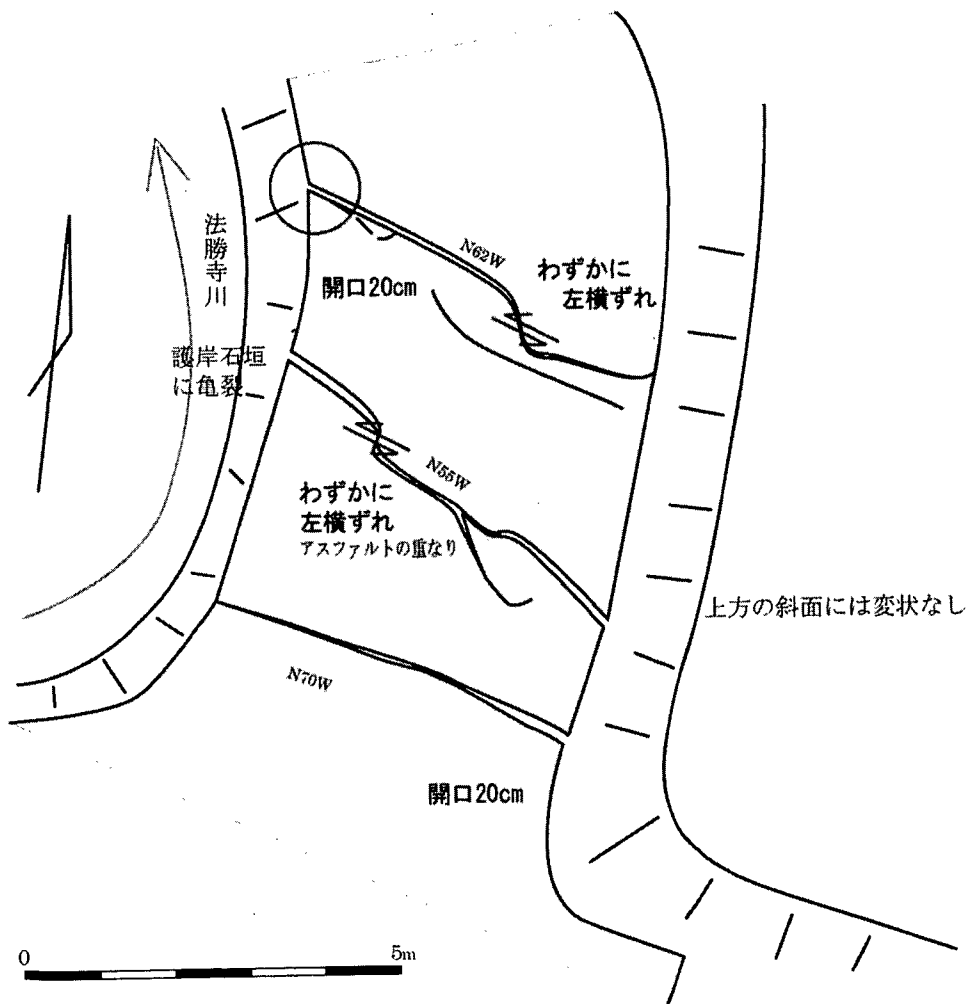


図-3・15 ④付近の亀裂分布略図

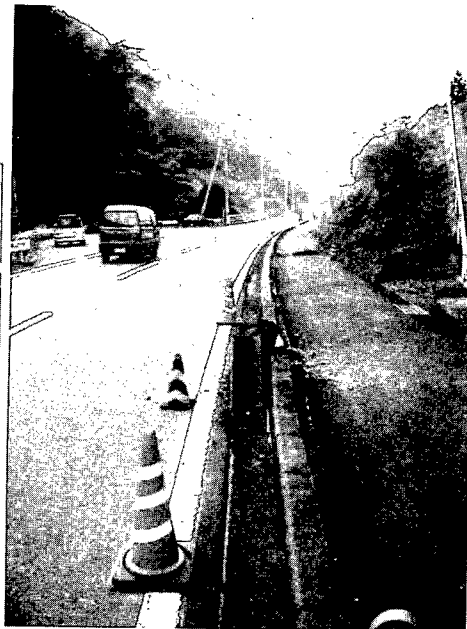
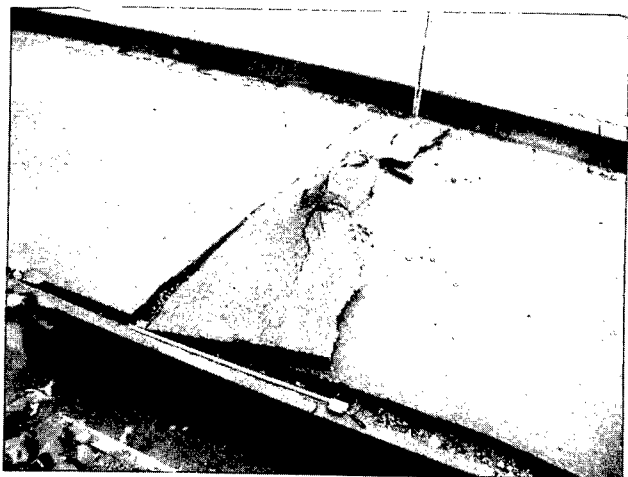


写真-3・5 路面の変形 (図-3・14 の⑤, 以下同じ)

写真-3・6 縁石の変形 (⑤)

路面、縁石および側溝が20mの範囲で一カ所ずつ圧縮破壊。圧縮量は20～30cmで、圧縮の方向は道路の延長方向(N55W程度)。上方の斜面、車道及び法勝寺川側の斜面には変形はみられない。

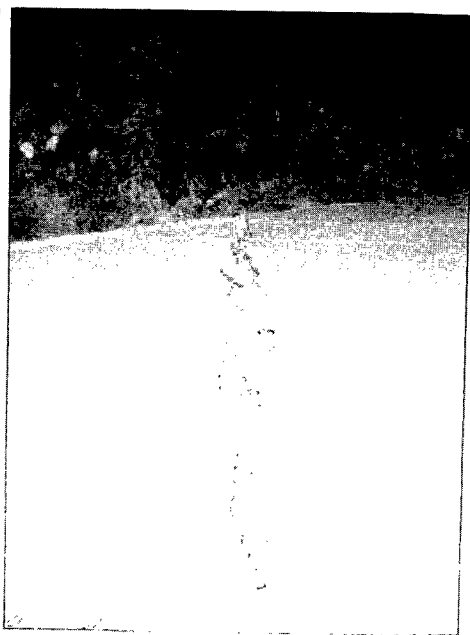
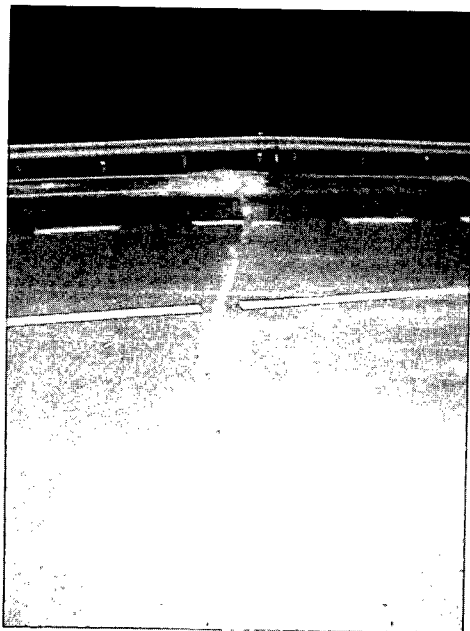


写真-3・7 路面の開口亀裂 (⑥)

写真-3・8 路面の開口亀裂 (⑥)

亀裂は歩道、車道を横切っており、開口量は最大10cm程度。亀裂の方向はN74°Wで、ずれの成分はない。この地点から米子よりの盛土区間が100m程度波打っており、盛土の沈下による変形の可能性がある。

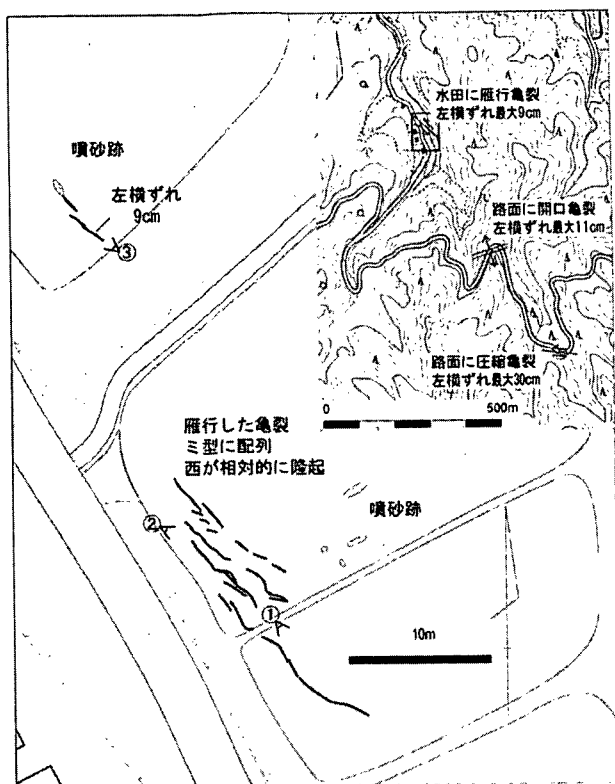


図-3・16 鎌倉山北方の変状（水田の雁行亀裂）



写真-3・9 水田の亀裂（図-3・16 の①, 以下同じ）

②を含めた全体的な方向は $N40^{\circ} W$



写真-3・10 水田の亀裂（②）

ミ型に配列した雁行亀裂が4条みられる。相対的に西（画面右）側が3cm隆起

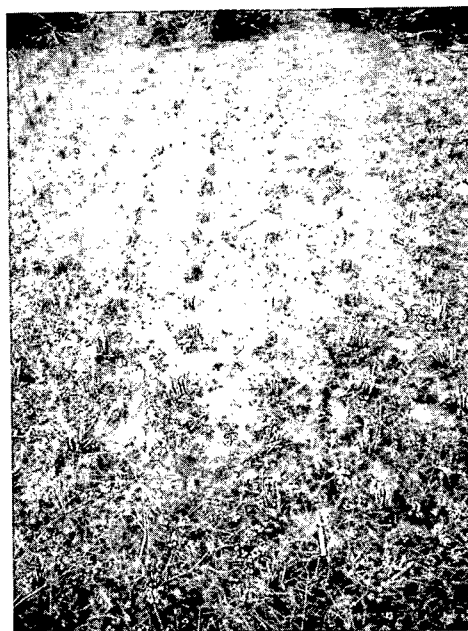


写真-3・11 水田の亀裂と噴砂跡（③）

亀裂の延長方向で噴砂が見られる。亀裂は左横ずれ最大9cm.

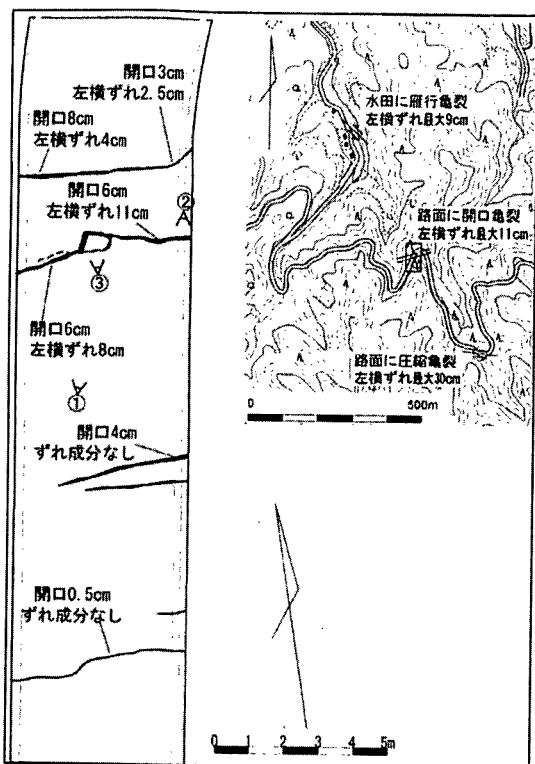
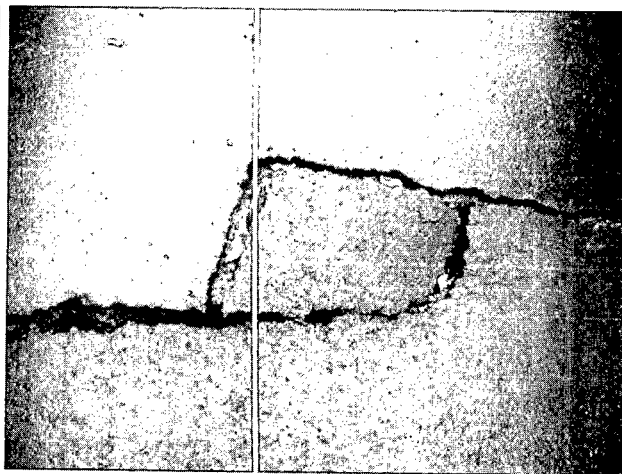


図-3・17 鎌倉山北方の変状（路面の開口亀裂）



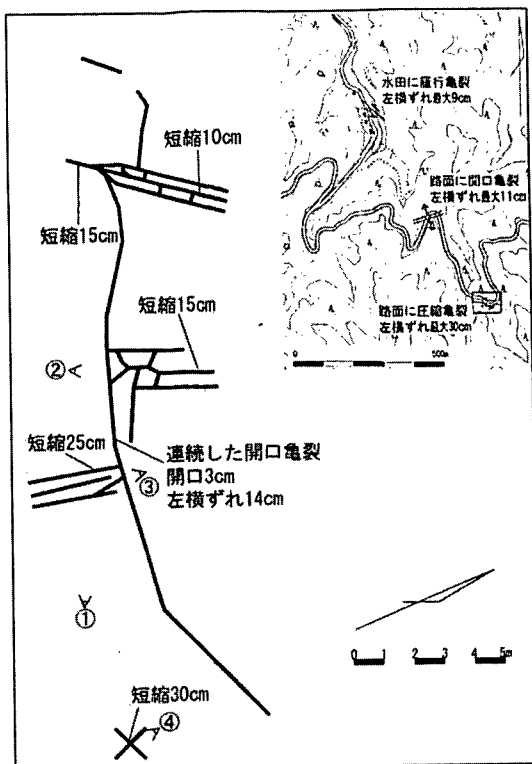


図-3-18 鎌倉山北方の変状（路面の圧縮亀裂）



写真-3-15 路面の圧縮亀裂（図-3-18の①，以下同じ）

道路中央を縦断する開口亀裂を挟んだ両側に圧縮亀裂が点在。変形は路面のみで、山側・谷側どちらへの連続も確認できない。

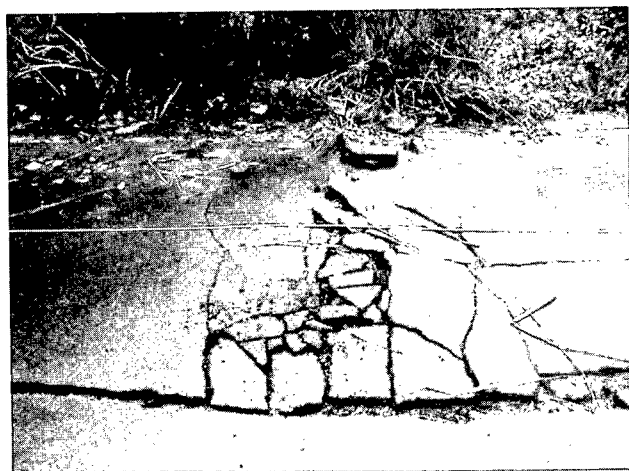


写真-3-16 路面の圧縮亀裂 短縮約 15cm (②)

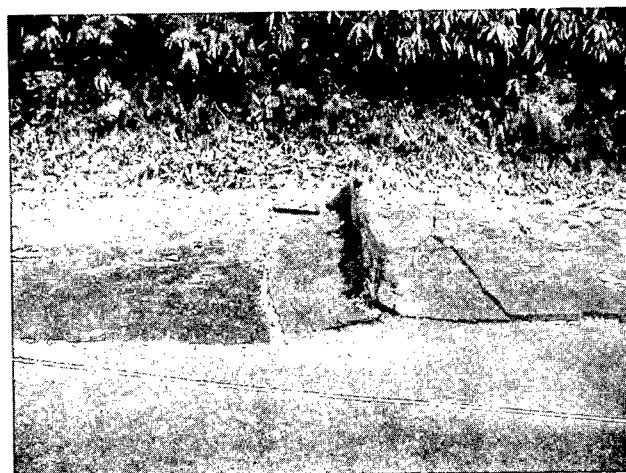


写真-3-17 路面の圧縮亀裂 短縮約 25cm (③)



写真-3-18 側溝への路面の乗り上げ (④)

左横ずれ約 30cm

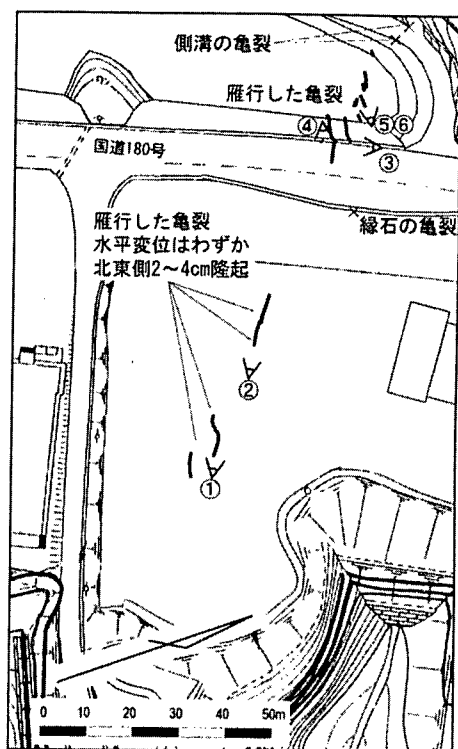


図-3・19 緑水湖畔の変状



写真-3・19 雁行した亀裂

(図-3・19 の①, 以下同じ)

画面右側が相対的に 2cm 隆起

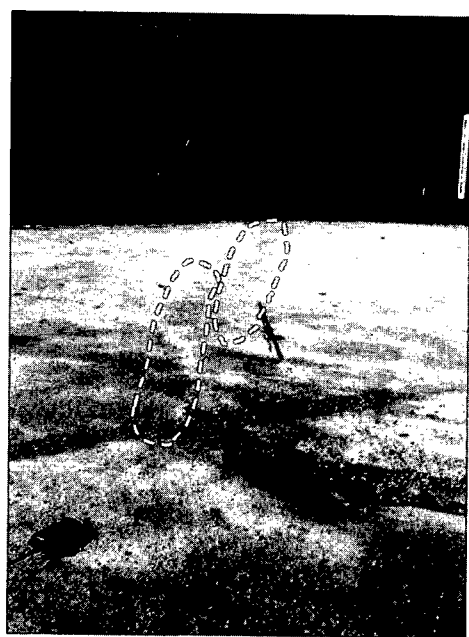


写真-3・20 雁行した亀裂 (②)

画面右側が相対的に 4cm 隆起

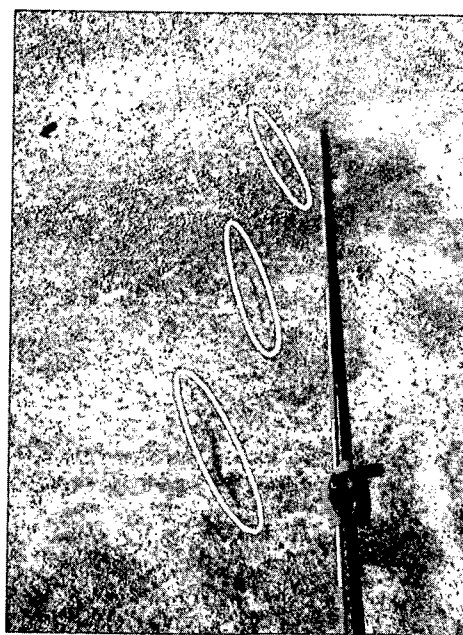


写真-3・21 ②の亀裂の末端

微少な亀裂がミ形に雁行する

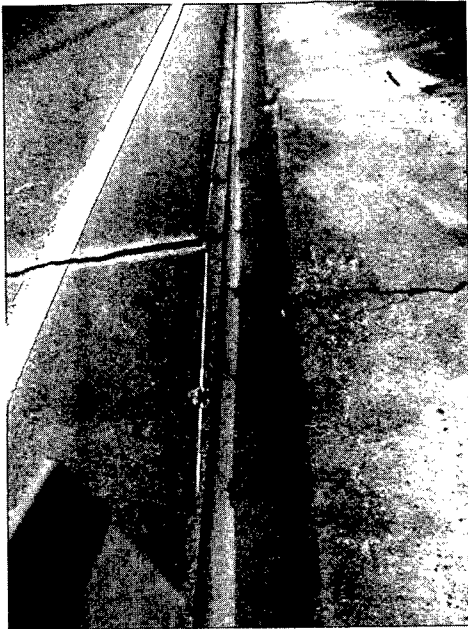


写真-3・22 国道 180 号を横切る亀裂
(図-3・19 の③, 以下同じ)
わずかに左横ずれ

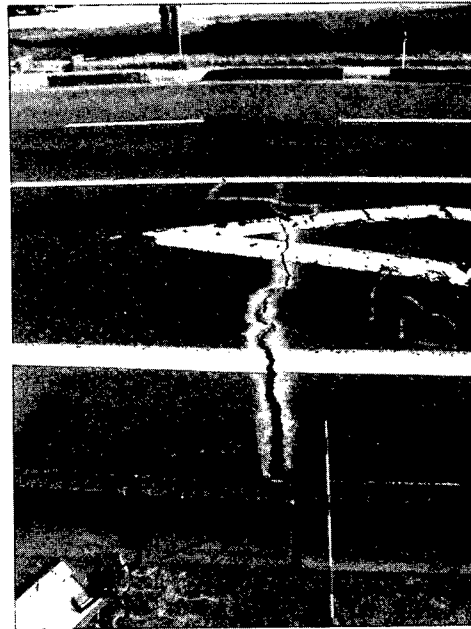


写真-3・23 国道 180 号を横切る亀裂 (④)
わずかに左横ずれ



写真-3・24 造成地上の雁行亀裂 (⑤)
1~5m の亀裂がミ型に雁行する。

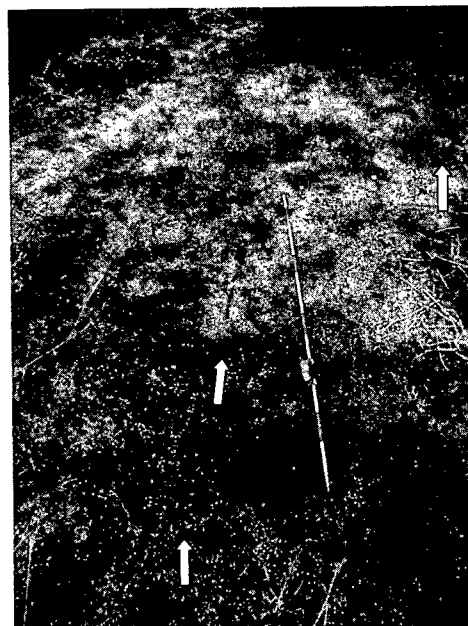


写真-3・25 造成地上の雁行亀裂 (⑥)
1~5m の亀裂がミ型に雁行する。

4. 地震被害の概要

今回の地震による被害は、震源地の鳥取県をはじめとして1府9県にわたって発生した。主な施設被害については、表-4・1 に示すとおりである。また、被害の大きかった鳥取県、島根県、岡山県の被害額は、表-4・2 に示す額に達している。

表-4・1 人的・物的被害の状況（消防庁発表, 平成12年11月27日）

		被害合計	鳥取県	岡山県	島根県	大阪府	広島県	香川県	兵庫県	静岡県	山口県	徳島県
人的被害	負傷者	138 人	97	18	11	4	3	2	1	1	1	
物的被害	住家全壊	395 棟	354	7	34							
	住家半壊	2,583 棟	2,060	26	497							
	住家一部破損	14,938 棟	10,855	552	3,488	1	41	1				
	非住家公共建物	202 棟	122	79			1					
	非住家その他	1,513 棟	1,434	38			39	2				
	文教施設	685 箇所	169	205	154		157					
	病院	45 箇所	17	6	22							
	清掃施設	6 箇所	6									
	道路	676 箇所	581	35	51		9					
	橋梁	5 箇所	2	1	2							
	河川施設	77 箇所	48	9	20							
	港湾	120 箇所	91	1	26		2					
	空港	1 箇所	1									
	ダム	2 箇所	2									
	砂防	30 箇所	30									
	崖崩れ	360 箇所	348	5	6							1
	ブロック塀	136 箇所		107	29							
	JR他鉄道（土砂崩れ・落石）	4 箇所	4									
	断水	7,283 戸	5,744	1,167	335	7		30				
	電気	12,293 戸	9,277	3,016								
	電話	136 回線	134	2								
	ガス	71 戸	71									

注：1) 空欄は未発表

表-4・2 主要な県の被害額（鳥取県、岡山県、島根県発表）

		単位：百万円		
項目		鳥取県	岡山県	島根県
施設被害	公共文教施設	1,369	280	453
	農林水産業施設	6,288	58	1,184
	公共土木	23,109	1,330	2,278
	その他	2,251	—	444
農林水産関係の被害	農産被害	201	—	106
	林産被害	63	—	268
	畜産被害	200	—	2
	水産被害	1,122	—	—
商工被害		1,769	149	644
その他		9,207	—	581
合計		45,579	1,817	5,960

注：1) 項目については、被害が最も多かった鳥取県の分類を用い、他の2県については該当する項目に振り分けた。

2) 一部については、未発表

5. 地盤災害（地盤の液状化）

5.1 概要

鳥取県西部地震では、境港市及び米子市周辺の埋め立て地において数多く液状化現象が発生した。本章では、調査地域における液状化による被害について示す。なお、本章に記述する内容は、現地調査により得た情報の他、多くを鳥取県によりまとめられた報告書¹⁾からの引用によっている。

5.2 液状化発生地域の地形、地質

液状化による被害が大きかった境港市及び米子市は、北側に島根半島の丘陵地帯、南側に中国山地にはさまれ、東側に美保湾（日本海）、西側に中海、松江平野、宍道湖とつづく低地帯にある。この低地帯が位置する弓ヶ浜砂州は、標高+2m～+6m程度の沖積低地で、図-5・1に見られるように、美保湾から中海に向かって3列の砂州が並び、砂州間には後背湿地が分布する。また、弓ヶ浜砂州西側の中海は水深5～8mと浅く、古くから埋め立てや干拓が行われている。こうした地形条件と中海干拓事業に関連して、昭和初期から平成にかけて弓ヶ浜の中海に面するほとんどの箇所で埋め立て工事が進められていった。また、美保湾側の埋め立てでも昭和町、竹内工業団地と大規模な埋め立て事業が行われており、今回の地震による液状化現象はこれら埋め立て地において集中している。

液状化現象が確認された地点をプロットした図面を図-5・2に示す。現地調査では、液状化の発生地点に関する面的な調査は実施していない。このため同図に示す液状化地点は、現地調査で確認した地点の他、鳥取県その他による緊急調査報告書^{2),3)}に記された情報をもとにプロットしたものである。また、同図には、明治以降に埋め立て造成された区域⁴⁾をハッチして示している。これより、液状化現象が埋め立て地に集中して発生したことが裏付けられる。

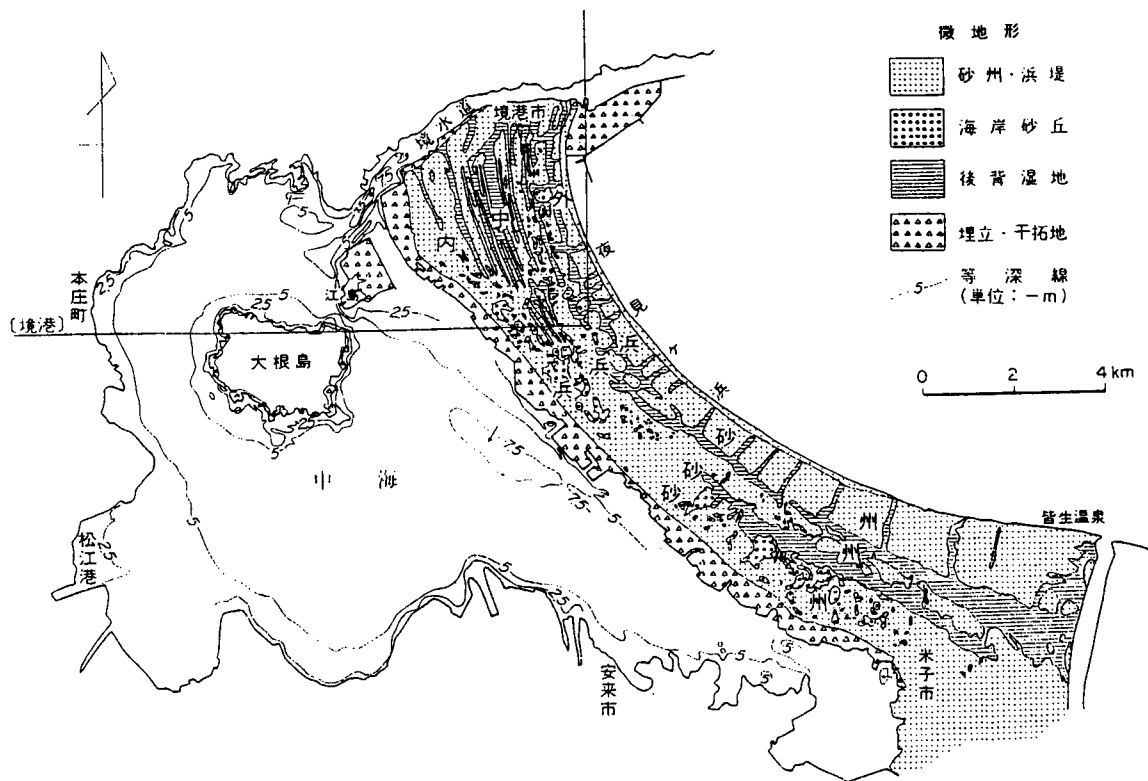


図-5・1 弓ヶ浜砂州の微地形⁵⁾

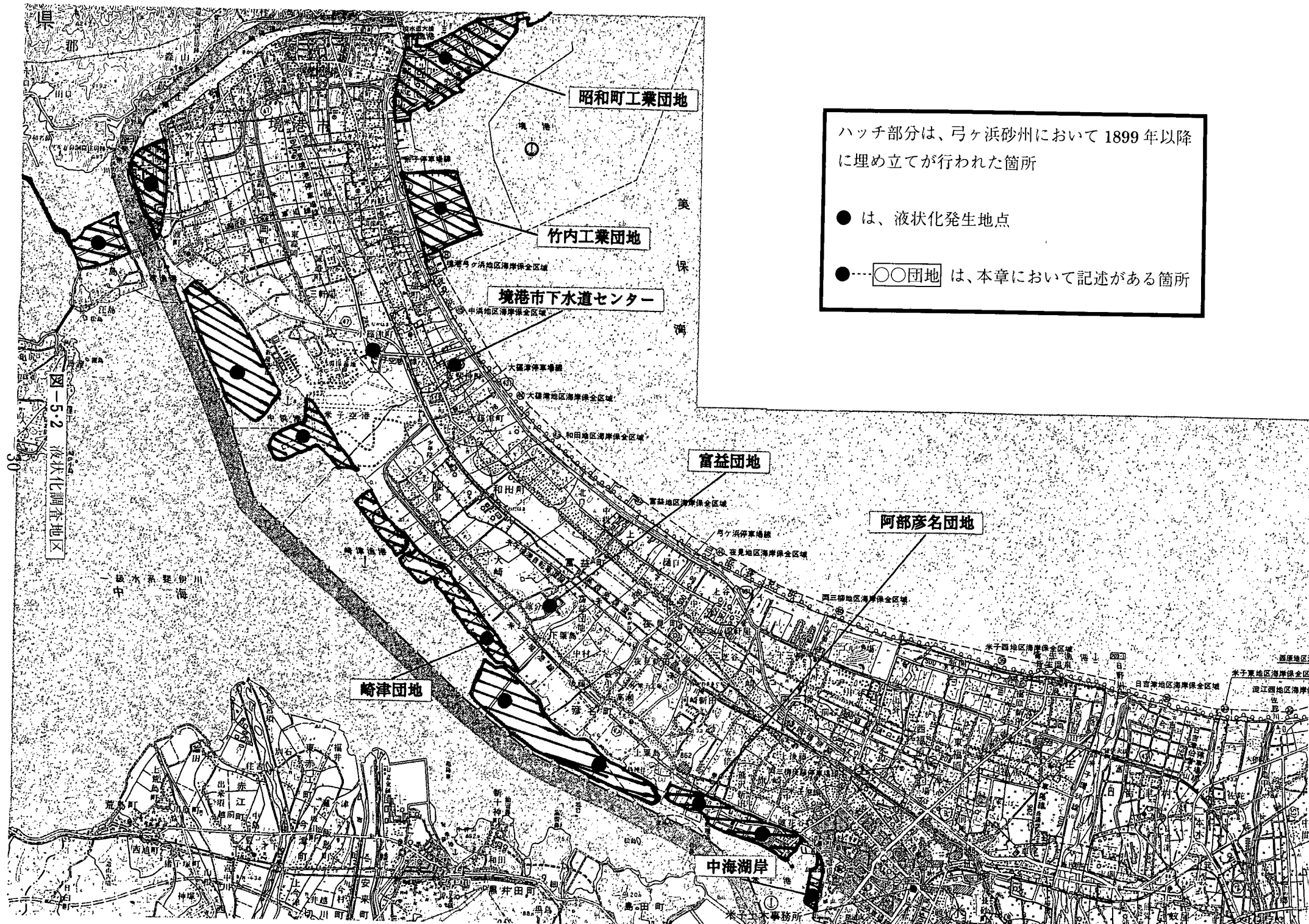


図-5.2 液状化調査地区

5.3 箇所別液状化被害状況

ここでは、図-5・2 に示した液状化発生地点のうち、主な地域（地点）別に液状化発生状況を述べる。

5.3.1 昭和町工業団地

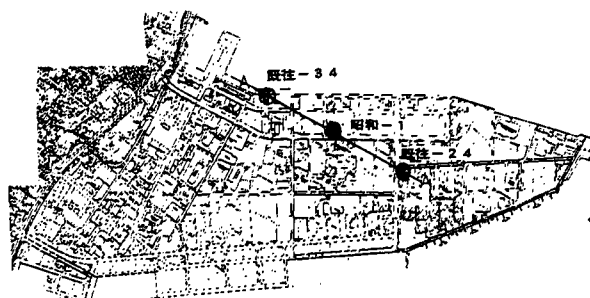
昭和町工業団地は、境水道の美保湾側出口、弓ヶ浜砂州の北端に位置する東西約 2.2km、南北約 0.7km の面積約 170ha の埋め立て地で、昭和 40 年代頃に埋め立てられている。埋め立ては、航路や泊地の浚渫土砂及び埋め立て地前面の海底から採取された土砂をポンプ船で吹き込んで造成している。地質調査は図-5・3 に示す地点で行われている。標高 TP-10m より浅い層は埋土層で、TP-10m 以深は第四紀沖積世の粘性土層である。埋土層は、砂質土を中心に砂、シルトで埋め立てられており、N 値は 2 から 20 程度とばらついている。沖積粘性土層は、シルトを主体とした土層で平均 N 値が 5 程度と軟らかい地盤である。液状化による被害状況を図-5・4 に示すが、これを見ると埋め立て地西側に所々に噴砂がみられるが、東側には噴砂等液状化による地盤変状は確認されていない。また、液状化が確認された箇所では地盤の沈下が見られ、道路に凹凸が生じていた。

5.3.2 竹内工業団地

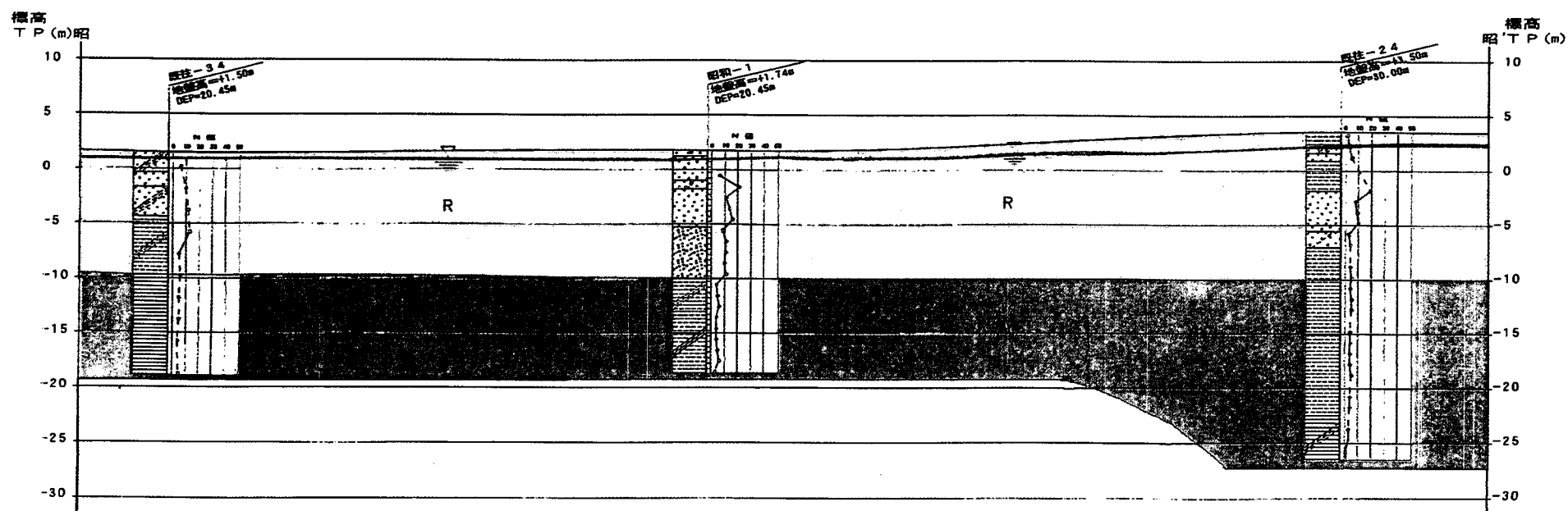
竹内工業団地は、弓ヶ浜の北端、国道 431 号の東側に位置する約 1km 四方の総面積約 128ha の埋め立て地で、昭和 54 年から昭和 59 年頃に埋め立てられている。埋め立ては、昭和町工業団地と同様、航路や泊地の浚渫土砂および埋め立て地前面の海底から採取した土砂をポンプ砂で吹き込んで造成している。地質調査は図-5・5 に示す地点で行われており、図-5・6～10 に地質断面図を示す。これを見ると、標高 TP-10m 程度以浅については、埋土層が西側にいくにつれて浅くなっている。TP-10m～+2m 以深から TP-16m～42m は、第四紀の沖積層であり、それ以深は第四紀の洪積層である。埋土層は砂質シルトを主体としているが、部分的に砂質土を主体とする箇所もある。N 値は 0 から 5、部分的に 10 程度で分布しており軟らかい地層である。沖積層は、上から砂丘砂層、シルト層～砂質土層、シルト層、粘性土層の順に形成されており、それぞれの層における N 値は砂丘砂層で 10 から 20、シルト層～砂質土層で 5 から 10 の緩い～中位の地層で、シルト層、粘性土層では 0 から 4 と軟らかい地層である。洪積層は、上から順に、砂層、シルト層～砂質土層、砂質土層、粘性土層、砂礫層で形成されている。N 値は上部の砂層と砂質土層で 15 から 40 と中位～密な地層、下部の砂層、砂礫層は 50 以上と非常に密な地層となっている。また、シルト層、粘性土層の N 値も 10 から 20 と非常に硬い。

液状化による被害状況を図-5・11 に示すが、竹内工業団地全体で、噴砂及び地盤の変状が見られる。なかでも、西側地区では大規模な噴砂、クラック、路面の凹凸が確認された。これは地質調査から分かるように、TP0m～10m に存在する沖積砂質土層の影響が大きいと考えられる。

特記すべき事項として、竹内工業団地西端の高松川（位置については図-5.11 参照）では液状化による側方流動がみられ両側の護岸が堤内側に 1m 近く移動していた。写真-5・1、5・2、5・3、5・4 にその状況を示す。側方流動が生じたのは陸側の地盤であり、高松川（運河）背後の松林の中には至る所に大規模な噴砂（写真-5・1）や地割れが認められた。陸側の護岸はコンクリートブロック積み護岸であるが、写真-5・2 からわかるように、最大で 1m 余り前面に押し出されていた。ただし、橋梁（夢みなと橋）架設地点では、橋桁がストラット（つかい棒）としての役割を果たし、橋台が橋桁に止められたため、この部分だけは側方流動が妨げられた。これに伴い、陸側の取付道路では地盤の圧縮ひずみにより舗装面および縁石に圧縮破壊が見られた（写真-5・3）。他方、埋め立て地盤側の護岸では顕著な側方変位は見られなかった。とは言え、背後地盤の変状から推定して、20～30cm 程度の水平変位が生じたものと思われた。現地の技術者に聞いたところ、矢板護岸であるとのことであった。埋め立て地盤でも広範囲の液状化現象が発生したにも拘らずこの程度の水平変位に止まったことから推定すると、矢板護岸は液状化層よりも深く根入れされていたものと思われる。追って詳細調



縮尺 縱 1:400
橫 1:2500



時代	地層記号	地質名
新世代第四紀	R	埋土層
	A ₁	砂丘砂層
	A ₂	粘性土層
	A ₃	砂質土層
	Ds	上部砂層
	Dc	上部砂質土層

図-5.3 A測線地質断面

- 填砂
- ▬ 填砂 (輪状に確認された箇所)
- 填砂が全体に見られる箇所
- ▬ 開口クラック
- ▬ 段差クラック
- ▬ 開口+段差クラック
- ▬ 道路などの凹凸
- 側方移動
- ▬ 建物の抜け上り
- ▬ 住宅壁断 (要注意家屋)
- ▬ 住宅壁断 (大きな変状が見られない家屋)
- ▬ 填砂や変状が認められる部分 (調査により異常があると判断した範囲)
- ▬ 填砂や変状が認められない部分 (全体に及んでいるかもしれないが、調査では変状が認められない範囲)

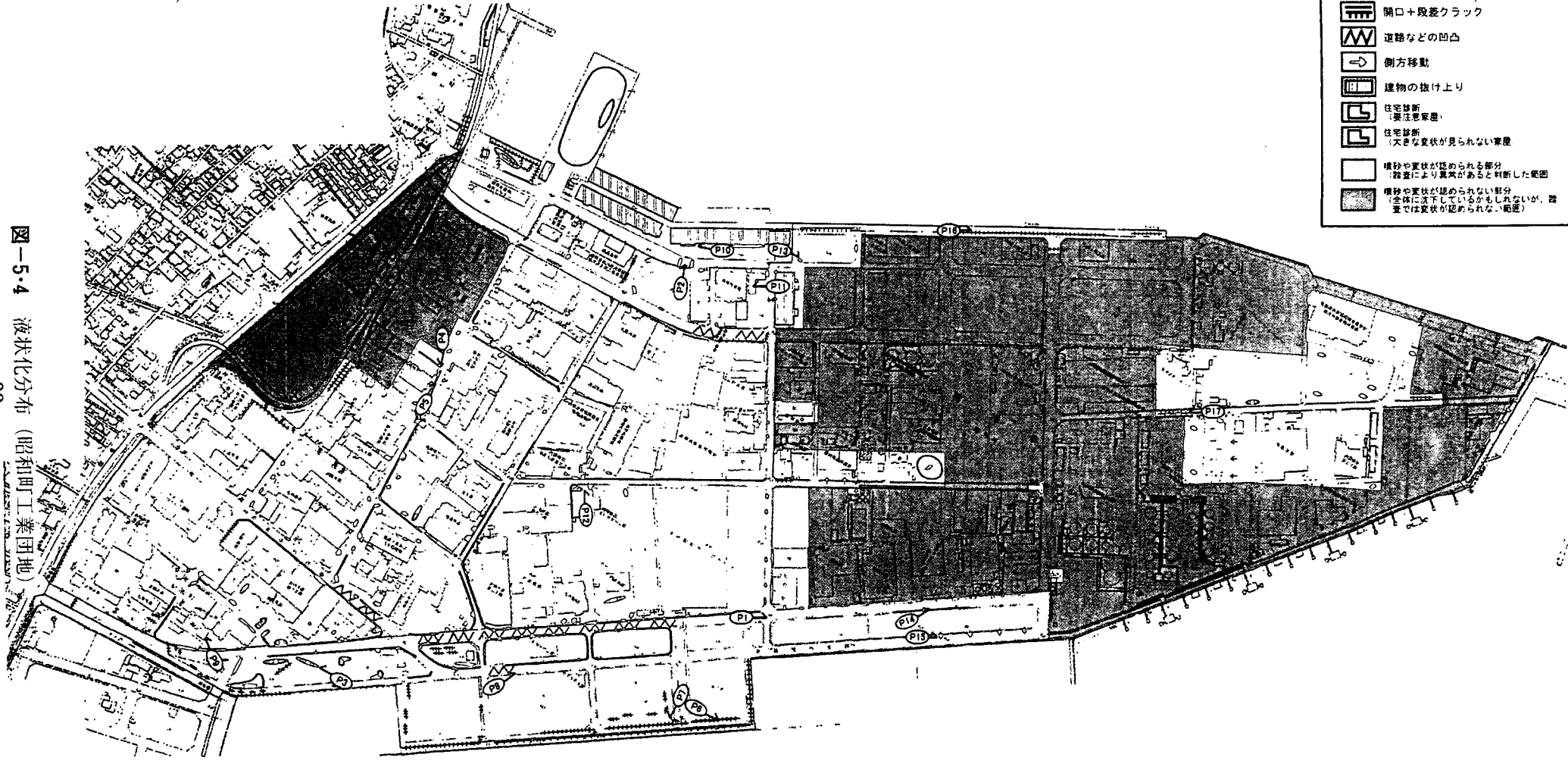


図-5.4 液状化分布 (昭和町工業団地)

S = 1/4000

実施年度

孔番号

B-60-1

- ◎ : 既往ボーリング位置
- : 既往ボーリング位置
- △ : ポアプレッシャーコーン位置
- : ラムサウンディング位置
- : 今回ボーリング位置

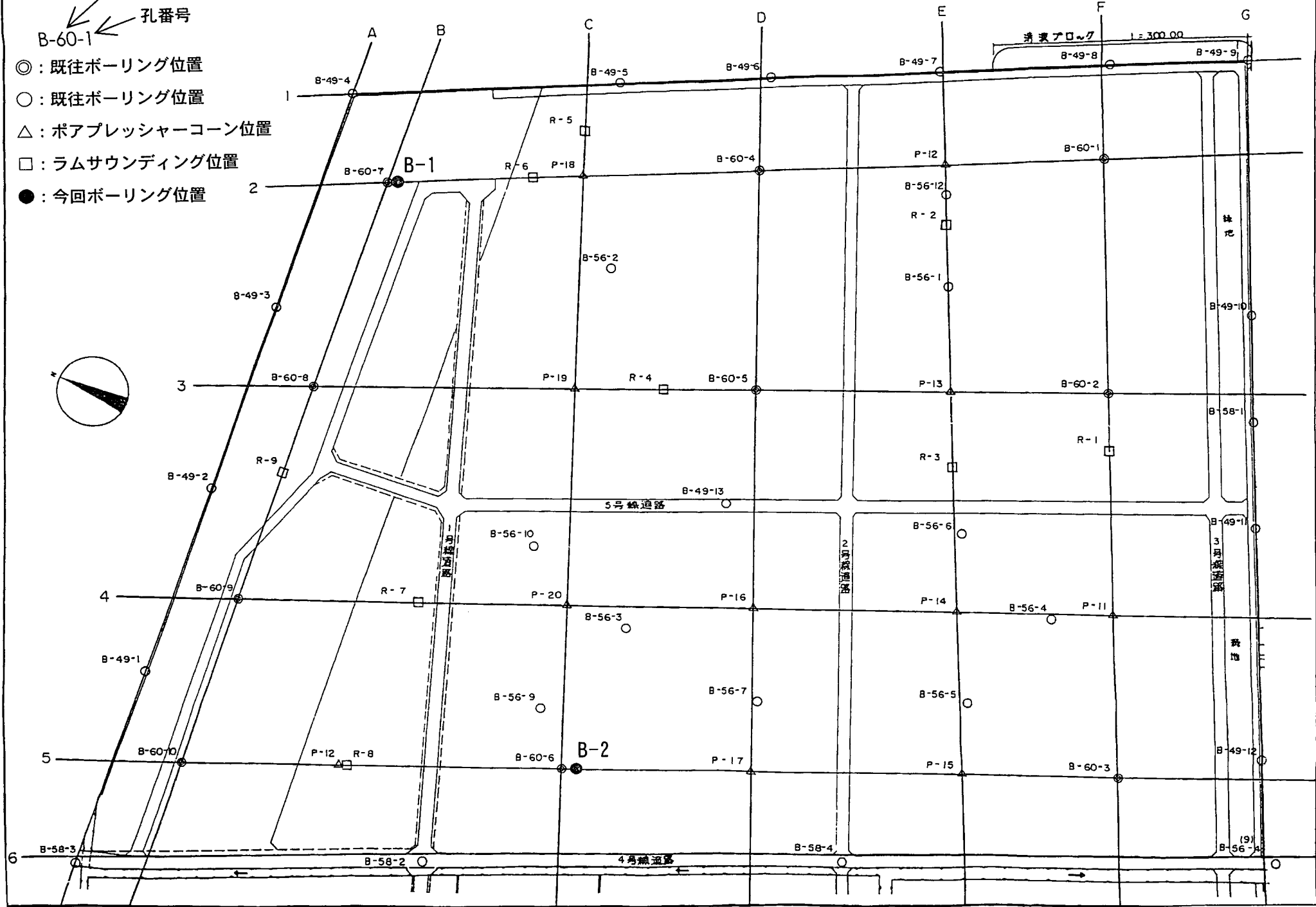
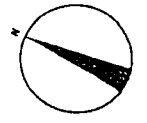
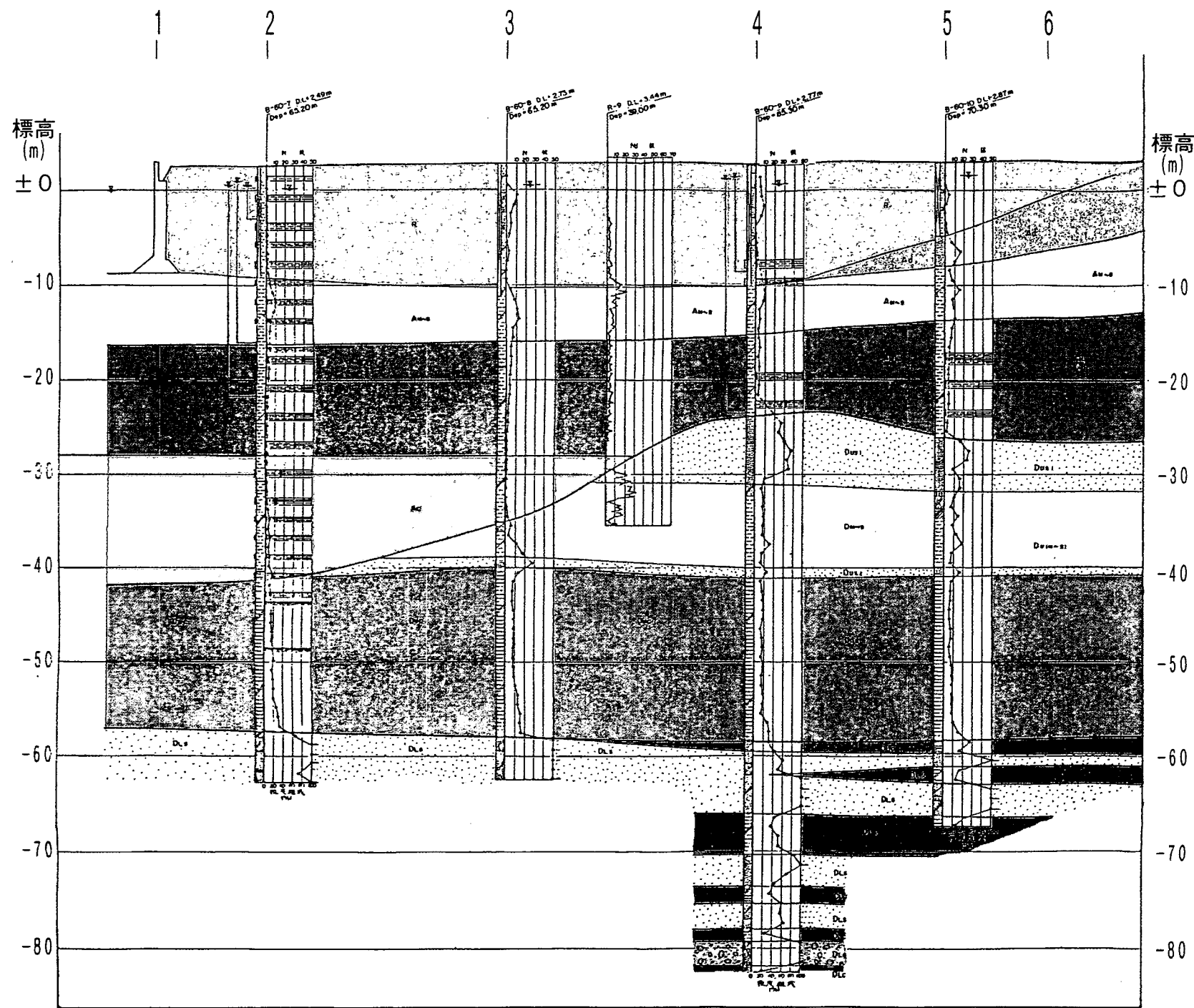


図-5.5 調査位置



時代	地層記号	地質名
沖積世	R	埋土層
	A ₁	砂丘砂層
	A ₂	シルト層
	A ₃	シルト層
	A ₄	シルト層
	AC	粘性土層
	D ₁	上部砂層
	D ₂	上部シルト層
	D ₃	上部砂質土層
	D ₄	上部砂質土層
洪積世	D ₅	上部砂質土層
	D ₆	上部粘性土層
	D ₇	下部砂層
	D ₈	下部粘性土層
	D ₉	下部砂層
	D ₁₀	下部砂層
	D ₁₁	下部砂層
	D ₁₂	下部砂層
	D ₁₃	下部砂層
	D ₁₄	下部砂層

図-5.6 B測線地質断面

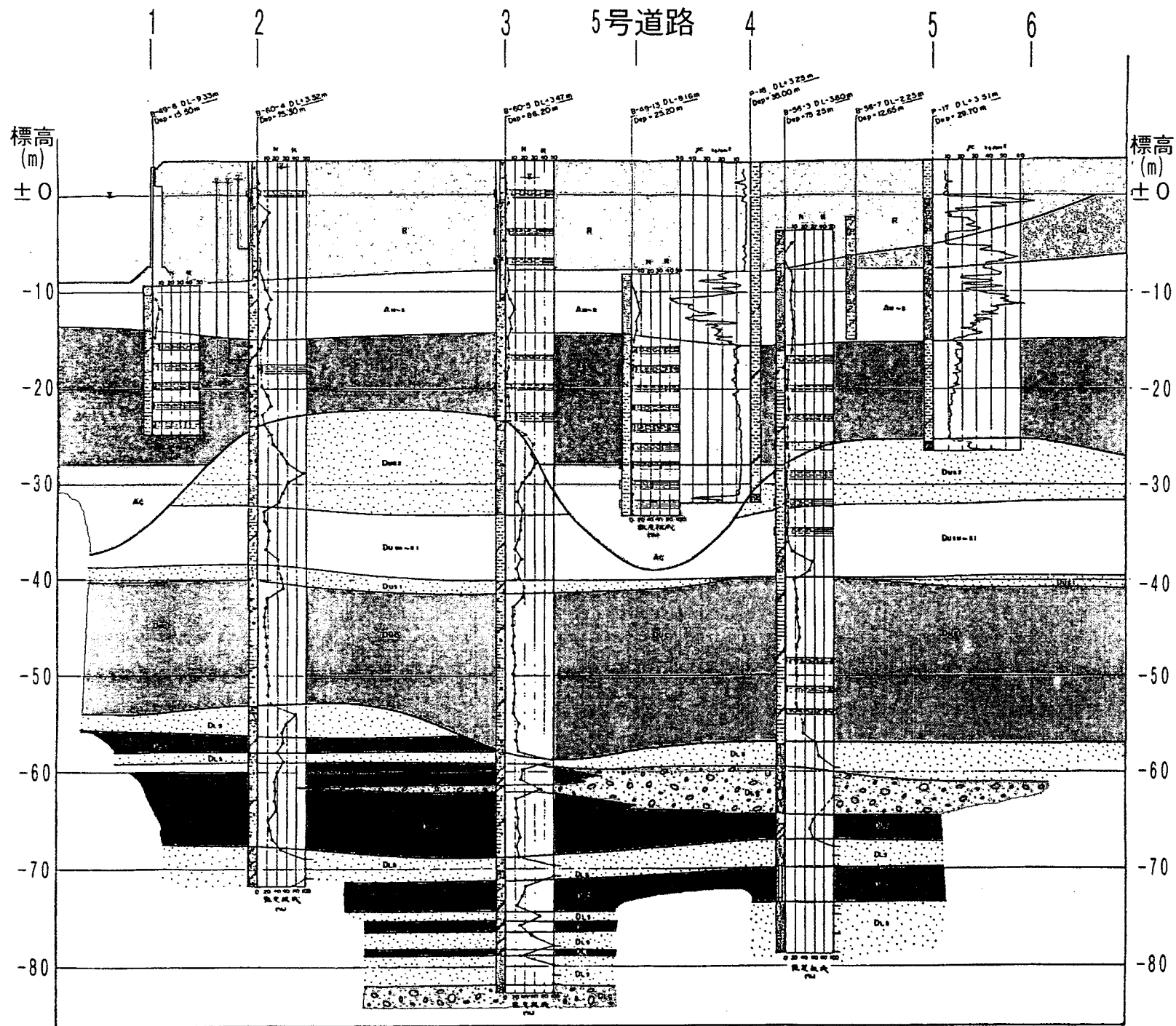
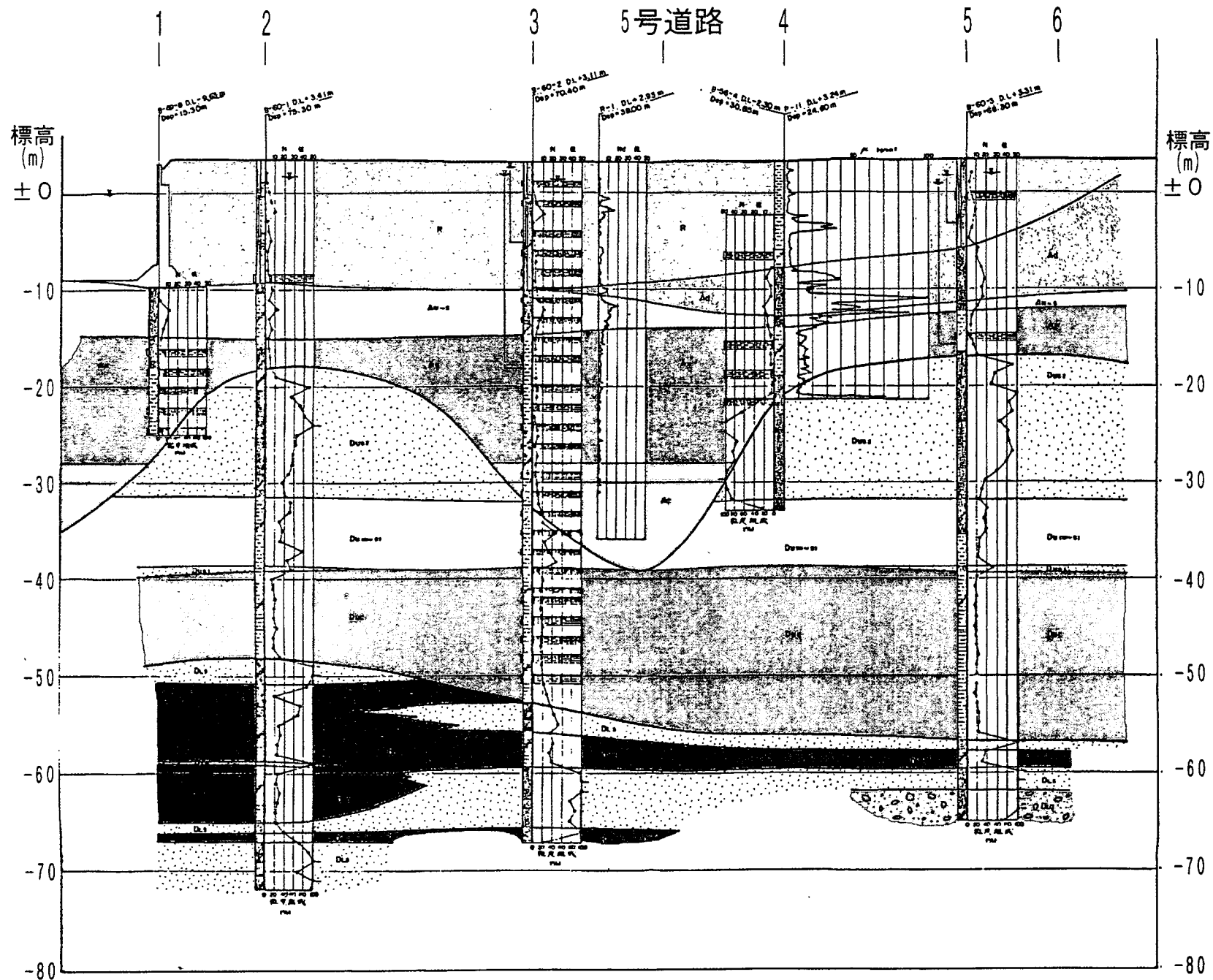


図-5.7 D測線地質断面



時代	地層記号	地質名
沖積世	R	埋土層
	A ₁	砂丘砂層
	A ₂	シルト層
	A ₃	～砂質土層
	A ₄	シルト層
	A ₅	粘性土層
洪積世	D ₁	上部砂層
	D ₂	上部シルト層
	D ₃	～上部砂質土層
	D ₄	上部砂質土層
	D ₅	上部粘性土層
	D ₆	下部砂層
	D ₇	下部粘性土層
第四紀	D ₈	下部砂質土層
	D ₉	下部砂質土層

図-5.8 F 測線地質断面

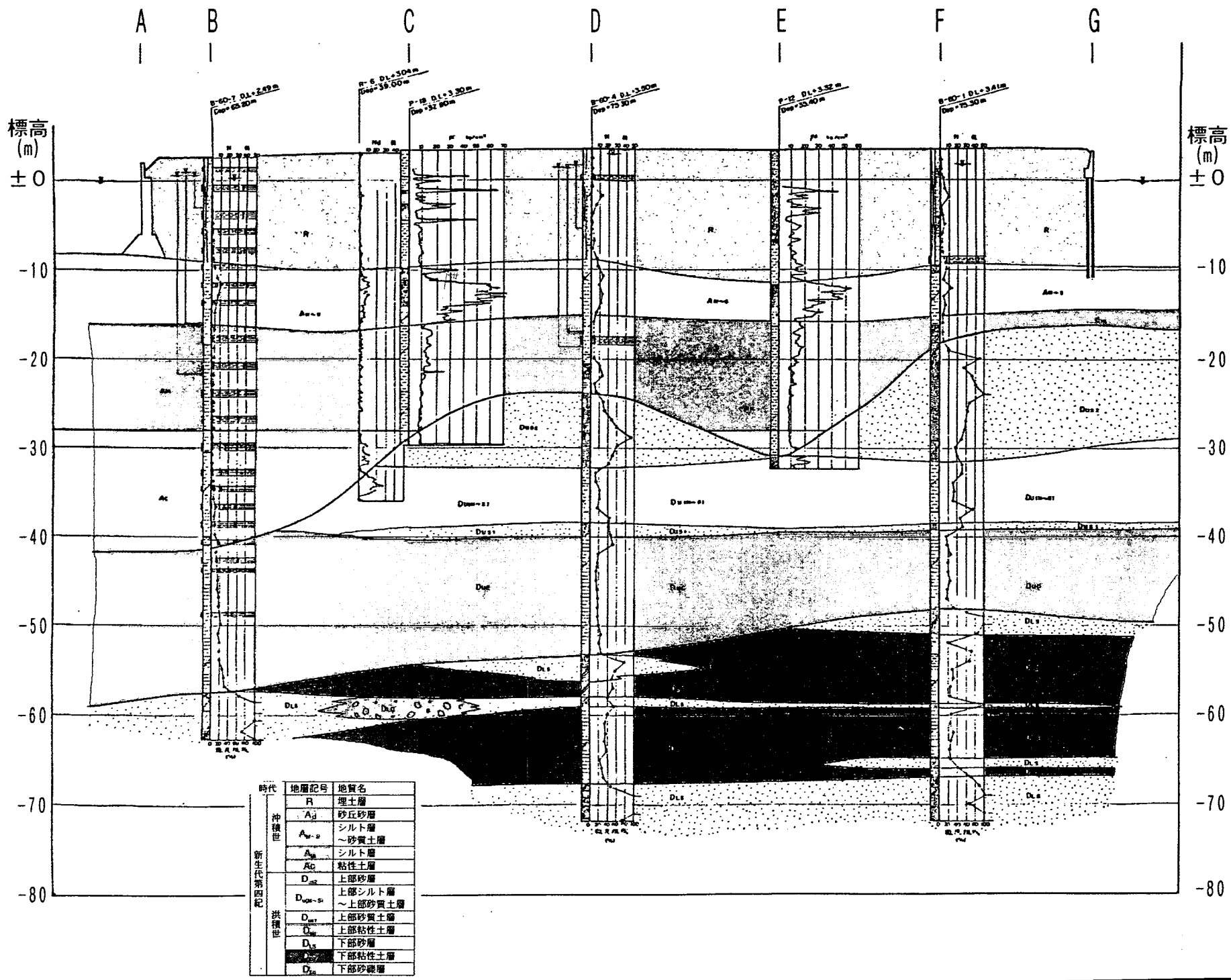


図-5.9 2測線地質断面

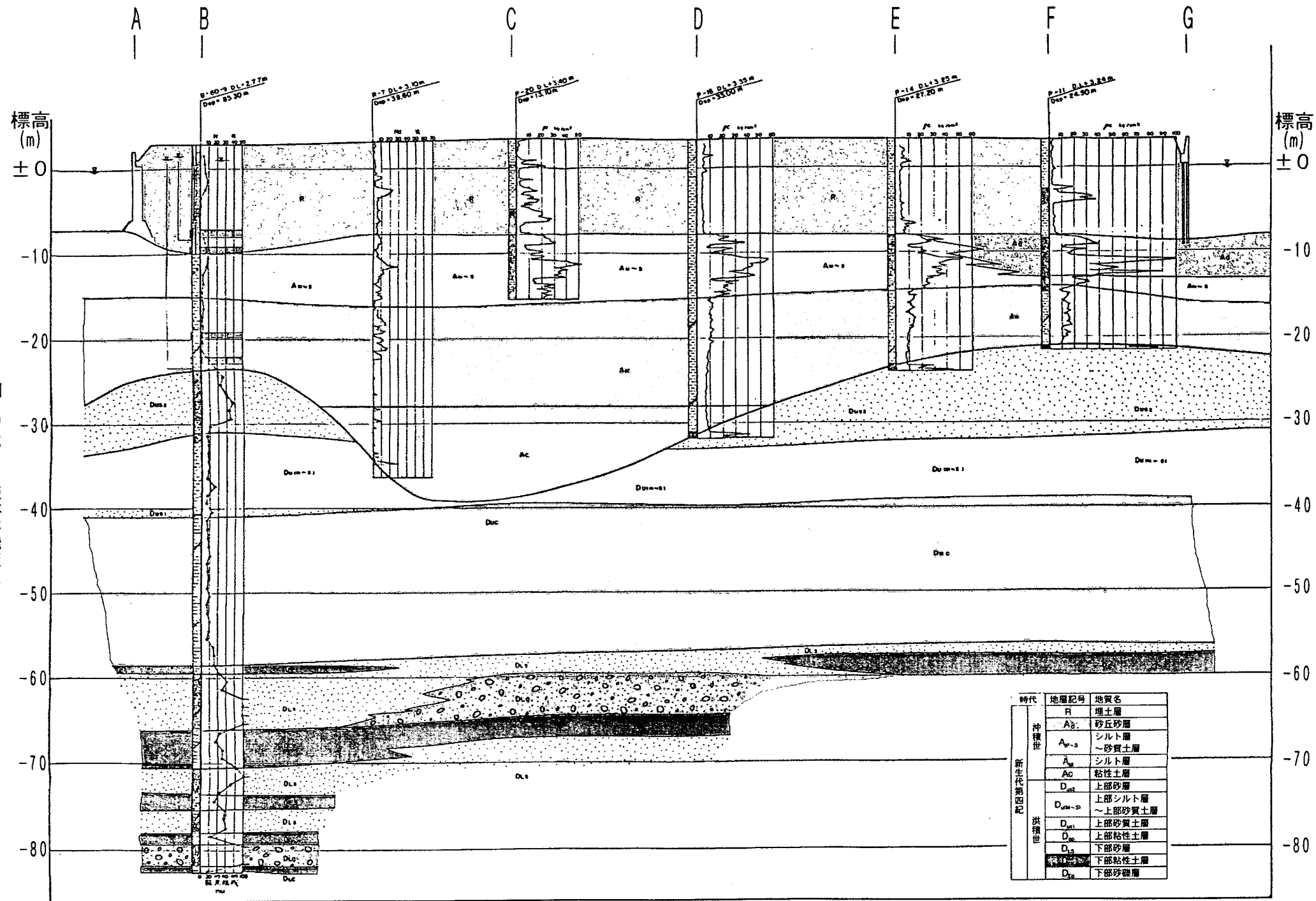


図-5.10 4測線地質断面

査により、地盤流動対策としての矢板の効果を検証することが望まれる。

さらに、写真-5・4に見られるように、高松川の河床にはきわめて大量の噴砂が生じたのが興味を惹く。噴砂はこの運河の中央部から噴出したように山を形成しており、目測であるが、その高さは最大で1mはあったようである。この現象は以下のような理由により生じたものと推定する。ある深さの範囲にわたる土層が液状化し、液状化した土はその高い圧力により地上に噴き出そうとするが、両岸の地盤に比べて運河の河床の方が標高が低い、つまり土被り圧が小さいため、運河により大量の噴砂が生じたものであろう。また、噴砂が河床中心線に近いところに集中したことについては、次のように考える。すなわち、護岸近傍では地盤内応力が常に異方応力状態にあるために、地盤の有効応力がゼロの状態になり難く、土が流動変形し難い。護岸から離れるほど異方応力状態の影響が小さくなり、液状化しやすくなる。このため、噴砂が河芯に集中したのであろう。



写真-5・1 高松川背後の松林の中での噴砂

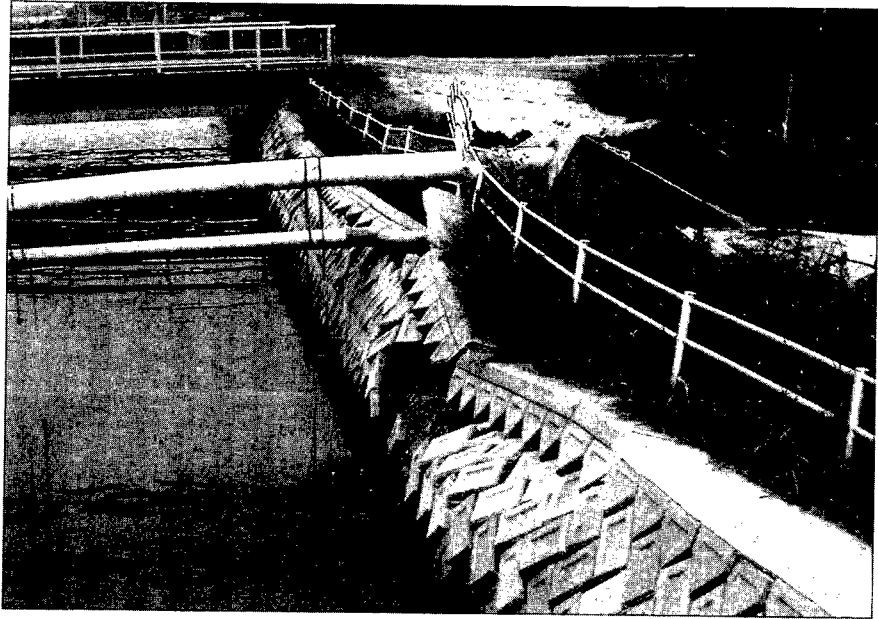


写真-5・2 液状化による流動化に起因する護岸のはらみ出し



写真-5・3 液状化による流動化に起因する取り付け部の沈下

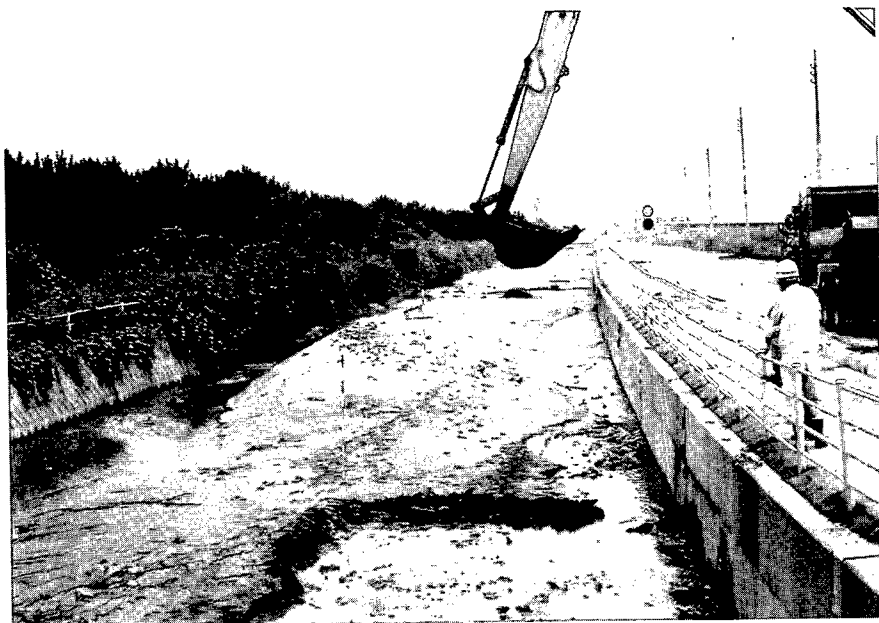


写真-5・4 高松川河床での大量の噴砂

5.3.3 富益団地

富益団地は、JR 境線の弓ヶ浜駅の西方約 1.3km、主要地方道米子・境港線と米川の間位置する東西方向約 460m、南北方向約 240m の総面積 12ha の埋め立て地で、昭和 50 年代前半頃に埋め立てられている。埋め立ては、盛土材をダンプトラック等で搬入して造成している。地質調査は図-5・12 に示す地点で行われており、標高 TP+4.5m 程度以浅は埋土層、TP+4.5m 以深から TP-0m～-3m は第四紀の沖積砂丘砂層、TP-0m～TP-3m 以深は第四紀の洪積砂質土層及び粘性土層である。埋土層は礫まじり粘性土層で層厚が薄いため、標準貫入試験のデータは少ない。また沖積砂丘砂層は細砂が主体で N 値が 6 から 32 と緩い～中位の地層である。洪積砂質土層は、中砂を主体とした N 値 20 から 50 以上と中位～非常に密な地層となっている。次に、液状化被害状況を図-5・13 に示すが、地質調査地点では、液状化が確認されなかった。液状化による噴砂および地盤変状は富益団地東側の富益団地 2 号公園周辺に限定して発生しており、他地域同様、道路路面の変状が見られた。なお、図-5・13 での住宅の変状被害は地震動によるものか液状化によるものか区別が困難なので、ここでは液状化によるものとして図にプロットされている。

5.3.4 崎津団地

崎津団地は、富益団地の南西の主要地方道米子・境港線と中海の間に位置する長辺約 600m、短辺約 250m の総面積約 15ha の埋め立て地で、平成 12 年までに埋め立てられている。埋め立ては、竹内工業団地同様、航路や泊地の浚渫土砂及び埋め立て地前面の海底から採取した土砂をポンプ船で吹き込んで造成している。地質調査は図-5・14 に示す地点で行われており、標高 TP-3m 程度以浅は埋土層、TP-3m 以深は上から第四紀の沖積砂丘砂層、粘性土層、砂質土層の順に形成されている。埋土層は砂質土を主体として埋められており、N 値は 3 から 12 と緩く、一部を除いて比較的均質である。沖積砂丘砂層は、細砂～中砂を主体とした不均質で N 値は 15 から 27 と中位な地層、沖積粘性土層は火山灰質粘土を主体とし、N 値が 4 と軟らかい地層、沖積砂質土層は、細砂～粗砂を主体とした不均質で N 値が 16～34 と中位～密な地層である。液状化による被害状況を図-5・15 に示すが、崎津団地全体で噴砂及び地盤の変状が見られる。液状化により地

時	代	地層記号	地 質 名
新	沖積世	R	埋土層
		A _q	砂丘砂層
		A _c	粘性土層
		As	砂質土層
	洪積世	Ds	上部砂層
		D _q	上部砂質土層

縮尺 縱 1:200
横 1:1500

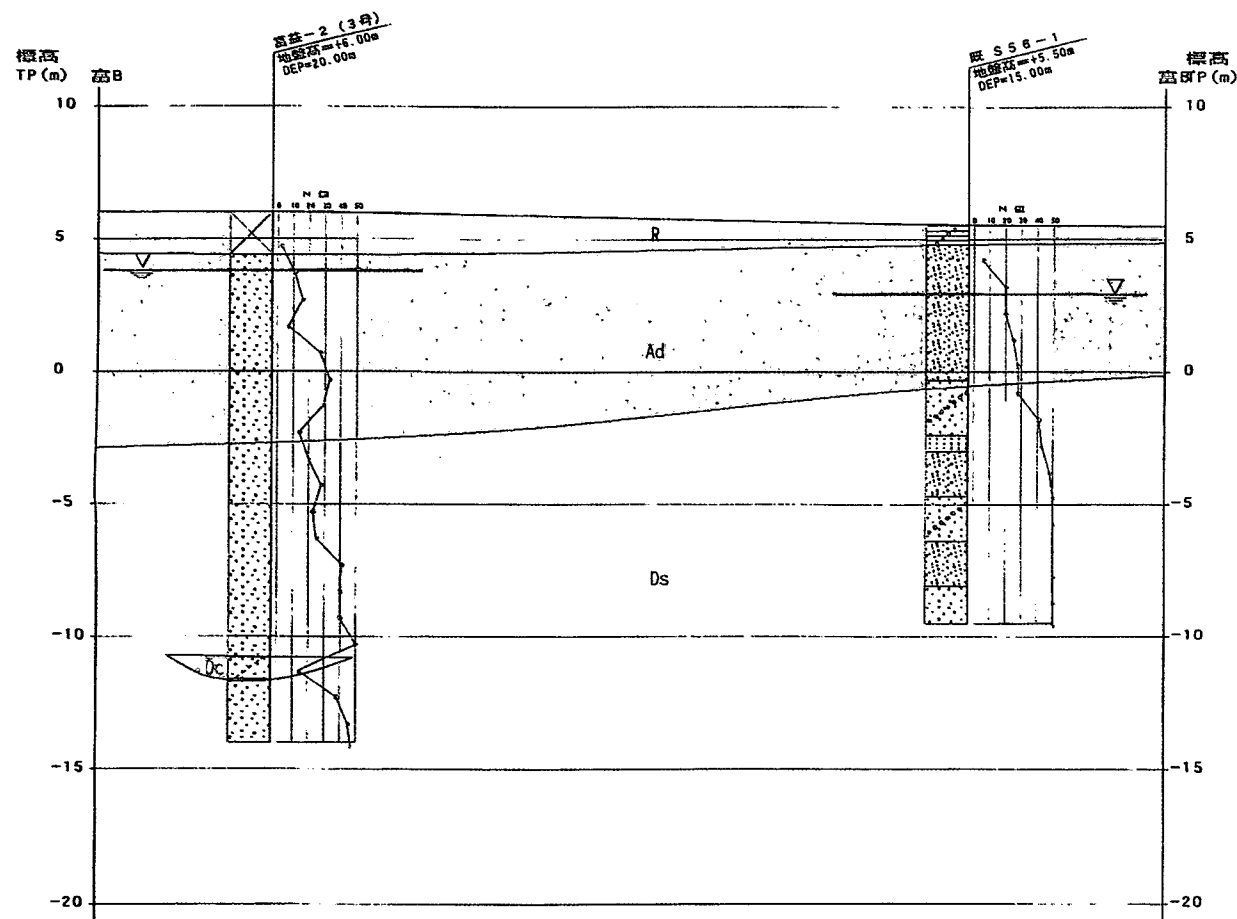


図-5.12 A測線地質断面

時代	地層記号	地質名
第四紀	R	埋土層
	A ₁	砂丘砂層
	Ac	粘性土層
	As	砂質土層
第三紀	Ds	上部砂層
	Dc	上部砂質土層

縮尺 縦 1:200
横 1:2500

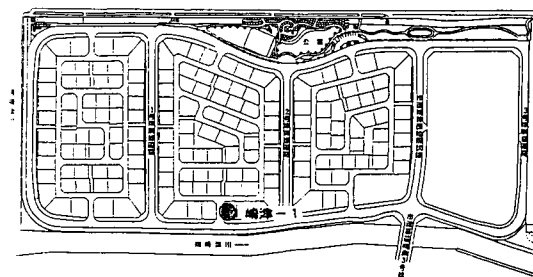
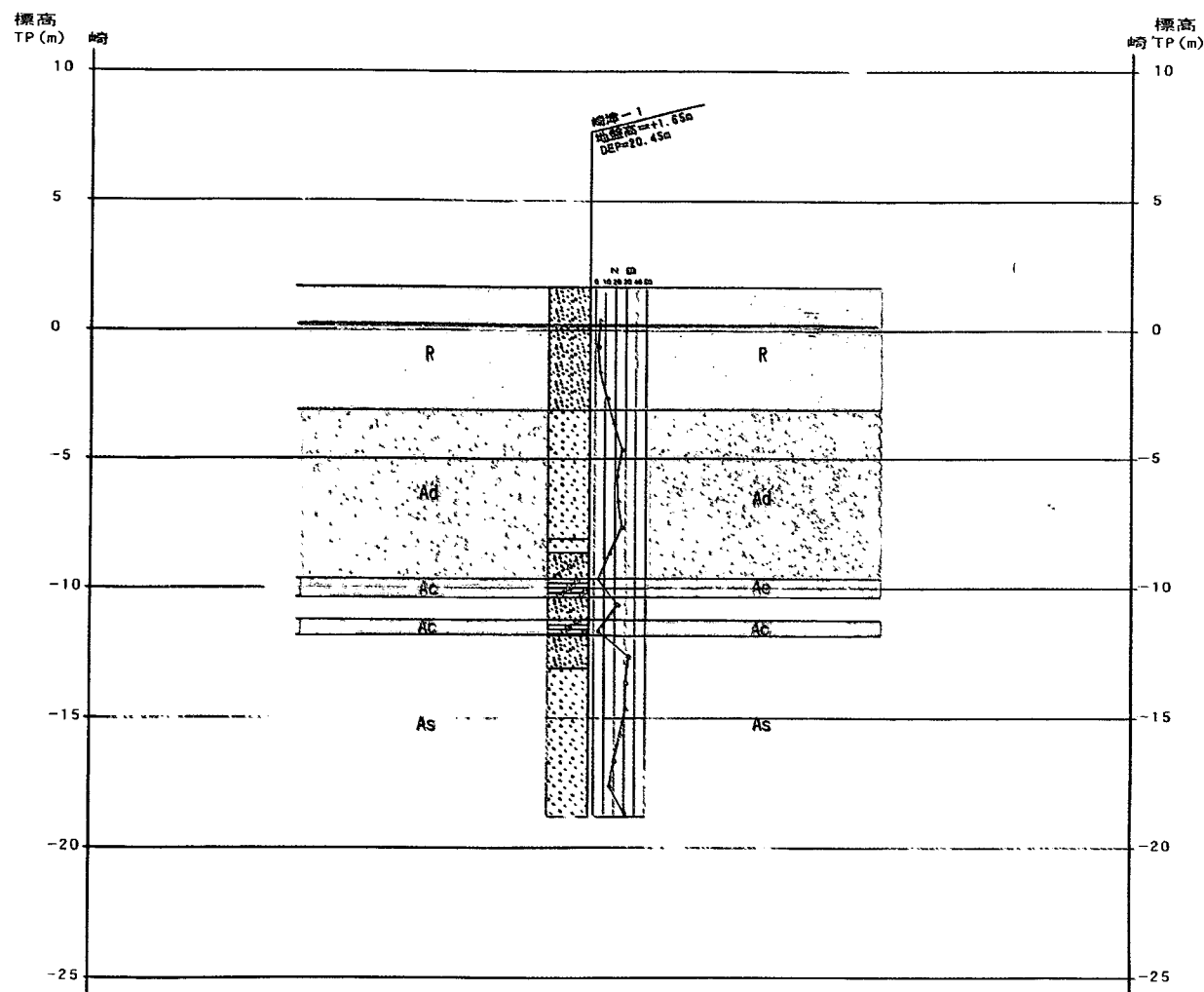
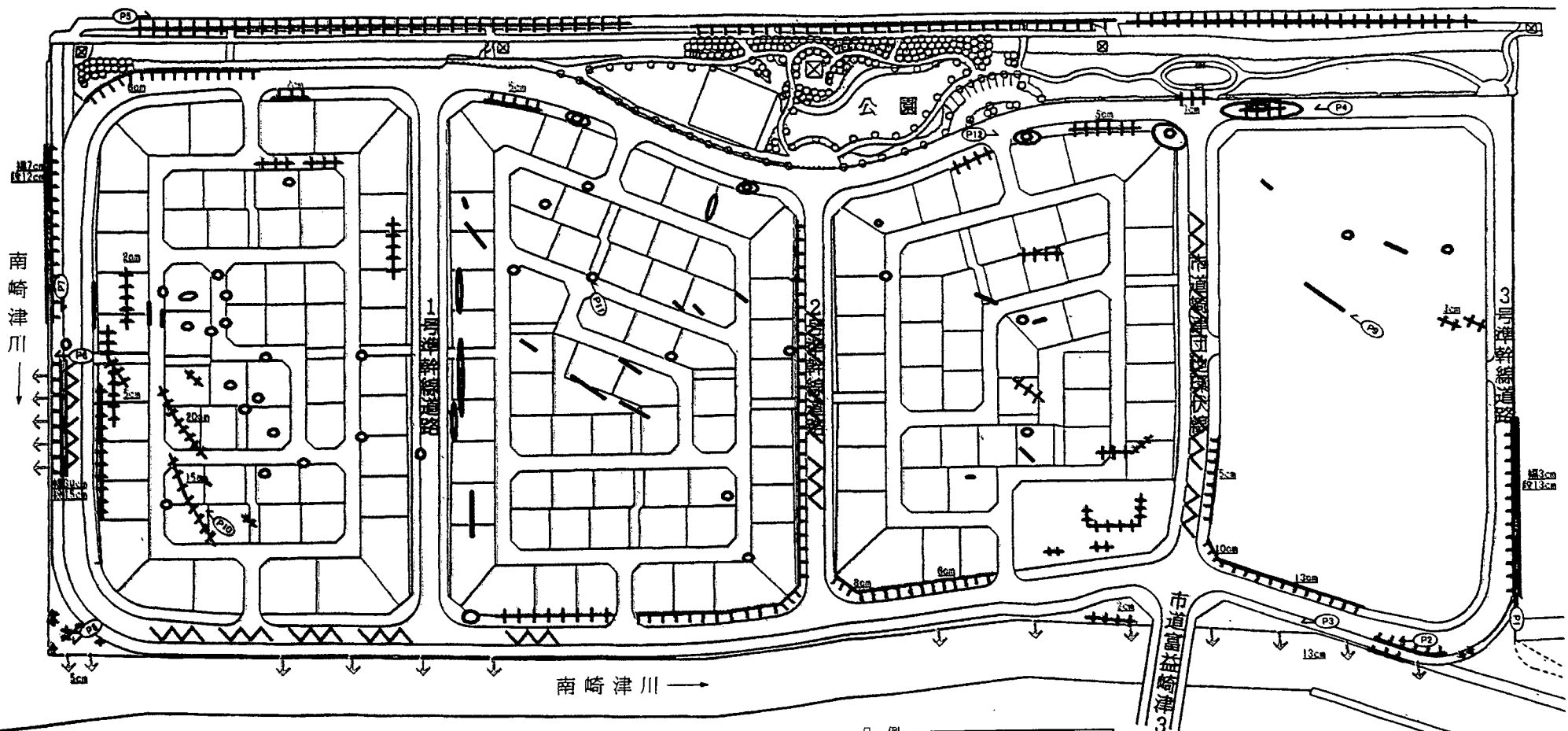


図-5.14 A測線地質断面



凡 例	
	堆砂
	堆砂、確認された箇所
	堆砂が全体に見られる箇所
	開口クラック
	段差クラック
	開口+段差クラック
	道路などの凹凸
	側方移動
	建物の抜上り
	住宅跡画
	住宅跡画 (要注意家屋)
	住宅跡画 (大きな変状が見られない家屋)
	堆砂や変状が認められる部分 (踏査により異常があると判断した範囲)
	堆砂や変状が認められない部分 (全体に沈下しているかもしれないが踏査では変状が認められない範囲)

図-5.15 液状化分布 (崎津団地)

域一帯で地盤が不均一に沈下しており、道路路面にも段差が見られた。また液状化による地盤の側方流動により南崎津川周辺の護岸が前面に移動している。

5.3.5 安部彦名団地

安部彦名団地は、米子港北西の主要地方道米子・境港線と中海の間に位置する約 360m 四方の総面積約 13ha の埋め立て地で、昭和 60 年代頃に埋め立てられている。埋め立ては、竹内工業団地同様、航路や泊地の浚渫土砂及び埋め立て地前面の海底から採取した土砂をポンプ船で吹き込んで造成している。なお、団地の南側の一部は、ペーパードレーンを打設しサーチャージ盛土を施工している。地質調査は図-5・16 に示す地点で行われており、標高 TP-7m 程度以浅は埋土層、TP-7m 以深は上から第四紀の粘性土層、砂質土層の順に形成されている。埋土層は砂質土を主体として埋め立てられているが、部分的にシルト分を多く混入している箇所もあり、N 値は 0 から 18 とばらついている。沖積粘性土層はシルトを主体とし、N 値が 0 から 3 と軟らかい地層、沖積砂質土層は中砂を主体とした N 値が 7 から 21 と緩い～中位の地層である。液状化による被害状況を図-5・17 に示すが、ペーパードレーンとサーチャージ盛土で施工した南側の一部を除き、安部彦名団地全体で、液状化現象が確認され、地域全体にわたって噴砂及び地盤の沈下が見られた。噴砂によって道路路面にクラック、地盤の不均一な沈下により路面の凹凸が見られた。また、液状化による側方流動により安部彦名団地東側の水路において側壁が水路側に移動していた。

5.3.6 中海湖岸

中海湖岸堤の一部区間でパラベット湖岸堤の沈下が生じた（写真-5・5）。ここでは、写真-5・6 に示すように、湖岸堤から 2～3m 離れた湖底に噴砂と思われる幅 3～5m 程度の白っぽい砂の帯が見られた。これが噴砂であるかどうか確認はないが、湖岸堤の沈下が生じた区間延長と砂の帯の延長がおおよそ対応していたことから、噴砂であったと推定している。以下はこれが噴砂であったとの前提での考察であるが、湖岸堤からやや離れた位置に噴砂が生じたのは、5.3.2 において高松川での噴砂現象について述べたのと同様に、湖岸堤近傍地盤では湖岸堤の荷重により地盤内応力が異方状態にあることによるものと思われる。

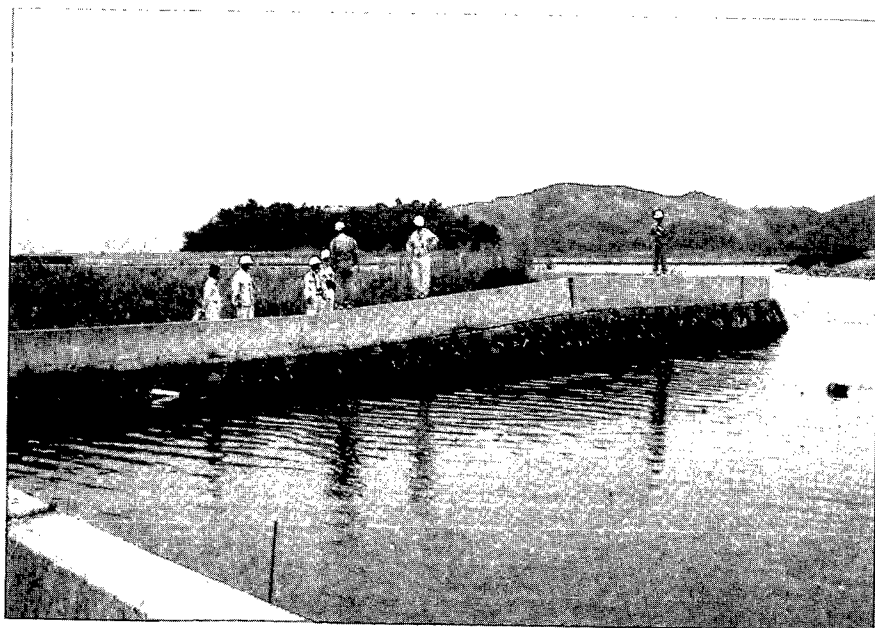
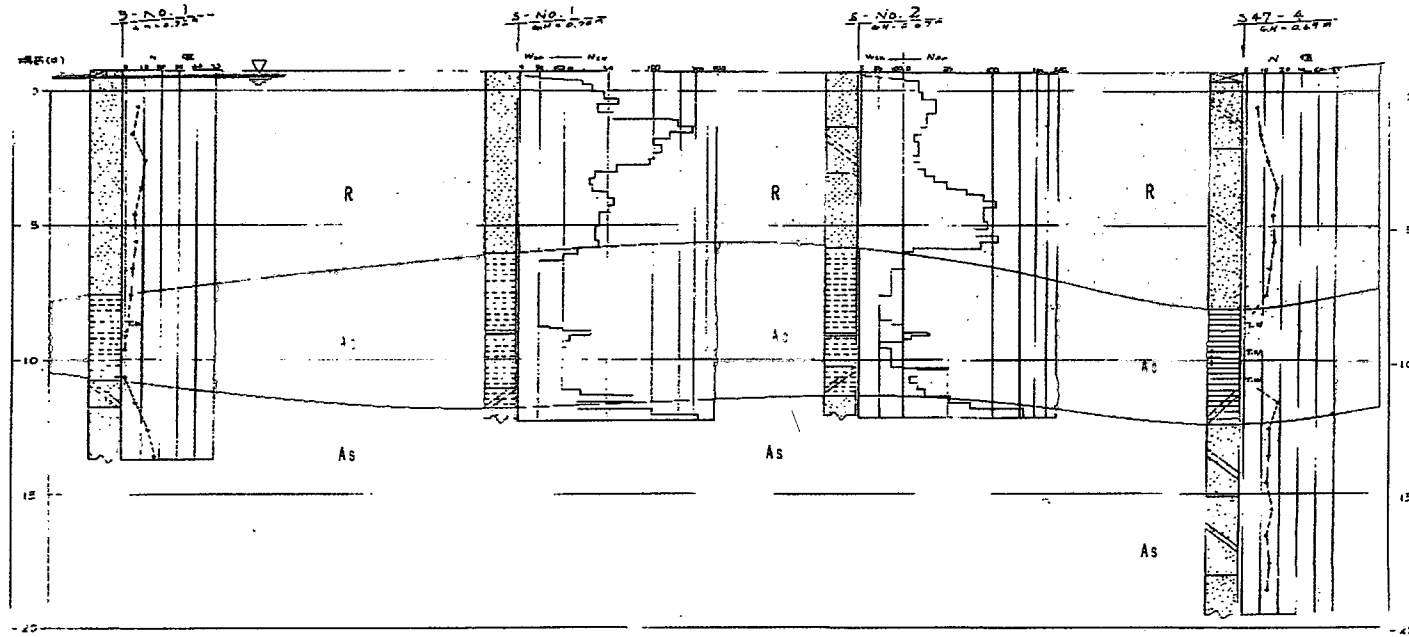


写真-5・5 湖岸堤の沈下

縮尺 縱 1:200
橫 1:1500



時代	地層記号	地質名
沖積世	R	粘土層
	As	砂丘砂層
	Ac	粘性土層
	As	砂質土層
洪積世	Ds	上部砂層
	Dc	上部砂質土層

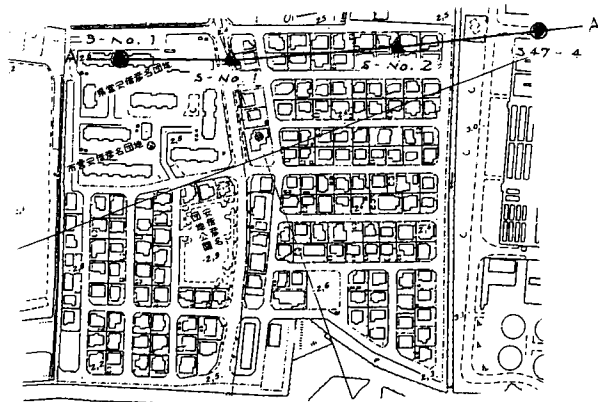
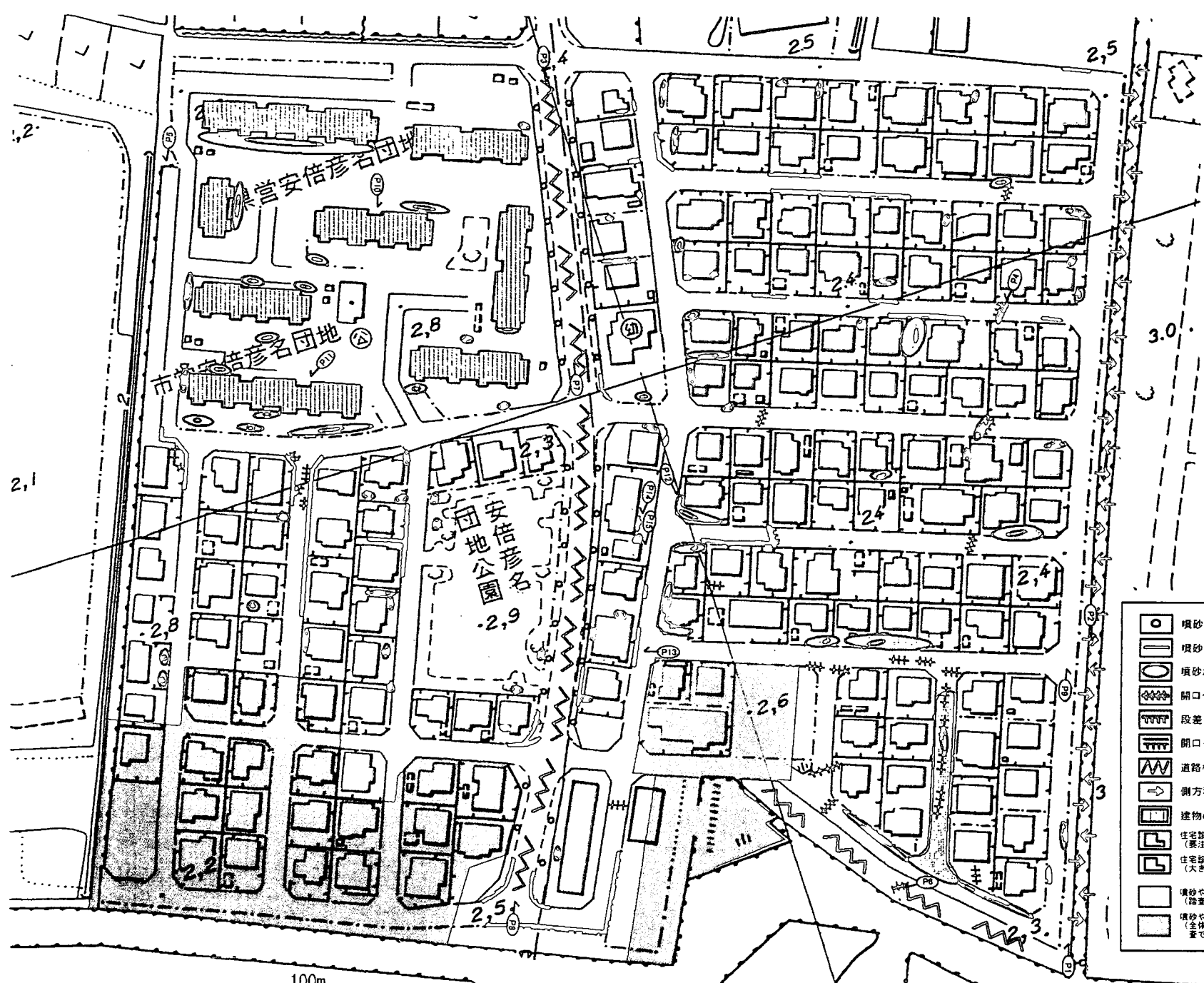


図-5.16 A測線地質断面



- 凡 例
- 傾砂
 - ▨ 傾砂（線状に確認された箇所）
 - ▩ 傾砂が全体に見られる箇所
 - ⦶ 開口クラック
 - ⦶ 段差クラック
 - ⦶ 開口+段差クラック
 - ⦶ 道路などの凹凸
 - 側方移動
 - ▨ 建物の抜け上り
 - ▨ 住宅診断（要注意家屋）
 - ▨ 住宅診断（大きな変状が見られない家屋）
 - ▨ 傾砂や変状が認められる部分（調査により異常があると判断した範囲）
 - ▨ 傾砂や変状が認められない部分（全体に沈下しているかもしれないが、調査では変状が認められない範囲）



図-5.17 液状化分布（安倍・彦名団地）

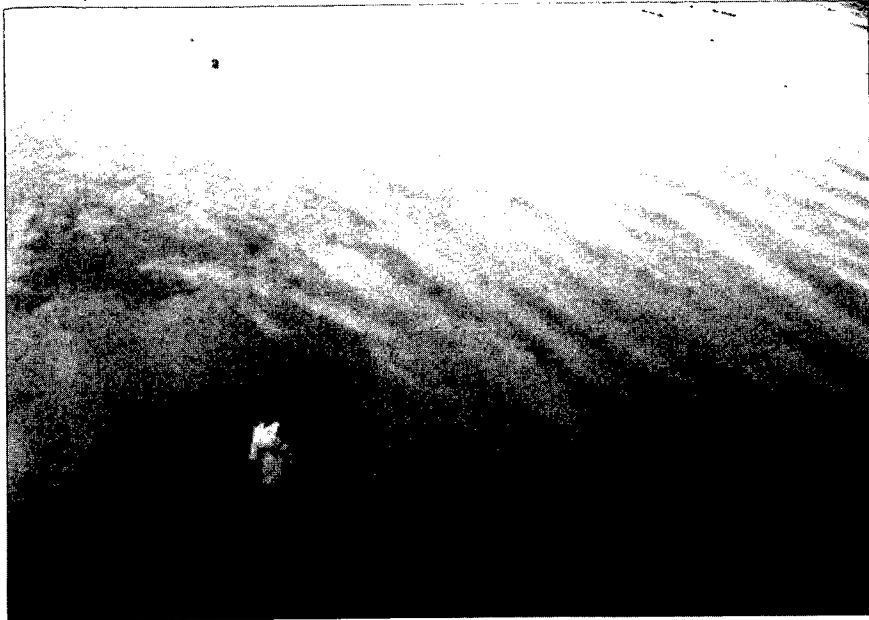


写真-5・6 湖底に生じた噴砂の帯

5.3.7 その他

(1) 境港市下水道センター (9.2.5 参照)

敷地内の建屋、処理施設の周辺地盤に限って噴砂や沈下が見られた。これら施設から離れた自然地盤では噴砂等は見られなかった。施設の周囲の幅数メートルに限定して噴砂や沈下が見られたのは、これらの施設を建設する際に仮設土留め壁を打設して地盤が掘削され、その後埋め戻された部分が液状化したものと推定される。

5.4 まとめ

鳥取県西部地震において境港市、米子市の埋め立て地で多くの液状化現象が見られた。しかし、液状化による構造物の被害は比較的軽微で、倒壊にいたるまでの被害は確認されなかったのは幸いであった。鳥取県西部地震での液状化に関して特筆すべき事項としては、液状化した地盤中にシルト等の細粒分が多く含まれていたことが挙げられる。従来、道路橋示方書等の耐震技術基準では、細粒分が多く混入している地盤は液状化しにくいとの記述があるが、それに反するものである。今後、詳細な地盤調査が望まれる。また、桁がつっかえ棒の役割を果たし、流動化の影響による落橋はなかったものの、橋梁周辺の護岸は1m~2m程度移動しており、橋台にかかる応力は、相当大きいものであったことが予想される。流動化が生じた箇所における橋台基礎の損傷程度の調査等を踏まえながら、今後は、流動化の影響を考慮した橋台の耐震性能の照査方法も考えていかなければならない。

参考文献

- 1) 鳥取県土木部管理課, 鳥取県西部地震に伴う液状化実態調査, 2000.10
- 2) (社)土木学会鳥取県西部地震調査団, 2000年10月6日鳥取県西部地震被害調査報告, 土木学会誌, Vol.85, 2000.12
- 3) 飛鳥建設技術研究所, 2000年10月6日鳥取県西部地震被害調査報告書, 2000.10

4) 日本図誌体系：中国，朝倉書店，1975.5

5) 鹿野和彦、吉田史郎，境港地域の地質，地域地質研究報告（5 万分の 1 図幅 岡山(12)第 7 号），地質調査所，1985

6. 道路施設

6.1 橋梁の被害

6.1.1 概要

鳥取県に被害報告のあった国道 180、181、183、431 号、主要地方道、一般県道、町道に位置する橋梁を対象に、平成 12 年 10 月 16 日、17 日の 2 日間で被害調査を実施した。調査した主な橋梁を表-6・1 に、その位置を図-6・1 に示す。西伯町の町道上に架かる小規模な橋で、石積み橋台が崩れたことにより桁が沈降する被害があったものの、調査した範囲で橋梁の被害は全体的に軽微であった。ほとんどの橋梁に見られた被害は 1~10cm 程度の橋台背面盛土の沈下である。その他の被害として、支承部損傷、橋台・橋脚クラックなどが見られた。

6.1.2 調査した橋梁の被害

(1) 白山橋（はくさんばし）

国道 180 号西伯町下中谷に位置する鋼単純 I 桁 2 連の橋梁で、支間がそれぞれ 40m と 16.7m、幅員が 9.8m である。この橋のすぐそばには賀祥ダムがあり、ここでは今回の地震の際、ダム天端で 2000gal 強、ダム底部で 500gal を越える加速度記録が得られている。2 連の桁両端が橋台で支持され、桁の掛け違い部に RC 壁式橋脚がある。支間長の違いにより桁高が異なっており、RC 壁式橋脚の天端が段違い構造となっている（図-6・2、写真-6・1）。兵庫県南部地震以後、耐震補強として、沓座拡張、落橋防止装置設置が行われていた。

被害としては、支間 16.7m の桁を支持する高い方の沓座で、固定支承アンカーボルト位置から沓座の後面側にコンクリートが欠け落ちた（写真-6・2、6・4）。現場は支承前面部で積み重ね鋼板により支持する仮復旧が済み、交通規制は解除されていた。橋台背面部の盛土が 10cm 程度沈下しており、舗装によるオーバーレイで補修が行われていた（写真-6・3）。また、橋台付近に設置されている標識柱が盛土の沈下により傾いていた（写真-6・5）。

(2) 中菅橋（なかすげはし）

国道 180 号日野町中菅に位置する鋼単純 I 桁の跨線橋であり、橋台背面の盛土が沈下し、舗装面にクラックが発生していた（写真-6・6）。橋台と盛土ブロックに隙間が見られたものの、橋台そのものにはクラック等の被害はなかった（写真-6・7）。

(3) 乗越橋（のりこえはし）

国道 180 号日野町上菅に位置する鋼単純 I 桁 3 連の橋である（写真-6・8）。兵庫県南部地震後に、橋脚補強（コンクリート巻立て工法）、落橋防止、沓座拡張が実施されていた。橋台が桁側に移動し、可動支承上のフィンガージョイントの遊間がなくなっていた（写真-6・9）。地震時に可動鋼製支承のストッパーが上沓と当たり、ストッパーの一部損傷が見られた（写真-6・10）。

(4) 石塔橋（いっさこはし）

国道 181 号日野町板井原に位置する鋼単純 I 桁橋で（写真-6・11）、橋台に水平クラックが見られた（写真-6・12）。ただし、このクラックは直近で見ることができなかったため断定はできないものの、クラックとその周辺部の風化の程度に顕著な差が見られなかったことから、今回の地震により生じたものか、それ以前より生じていたものかは判然としなかった。

表-6-1 鳥取県西部地震橋梁被害調査一覧表

番号	路線名	橋名	位置	橋梁諸元	架設年度	橋梁形式	主な破損状況
1	国道180号	白山橋	西伯町下中谷	橋長L=58.0m 幅員W=9.8m	S54	鋼単純I桁2連 RC重力式橋台	中間RC橋脚沓座破損
2	国道180号	中菅橋	日野町中菅	橋長L=26.0m 幅員W=8.8m	S49.3	鋼単純I桁 RC逆T式橋台	橋台背面盛土の沈下
3	国道180号	乗越橋	日野町上菅	橋長L=92.0m 幅員W=8.0m	S47	鋼単純I桁 RC逆T式橋台	可動支承ストッパー破損
4	国道181号	石塔橋	日野町板井原	橋長L=13.5m 幅員W=9.0m	S51	鋼単純I桁	橋台に水平クラック
5	国道181号	金持上橋	日野町金持	橋長L=52.0m 幅員W=7.5m	S46	鋼単純I桁 RC逆T式橋台	橋台背面盛土の沈下
6	国道181号	金持下橋	日野町金持	橋長L=54.0m 幅員W=7.5m	S46	鋼単純I桁 RC逆T式橋台	橋台背面盛土の沈下
7	国道183号	霞橋	日南町霞	橋長L=70.0m 幅員W=8.6m	S50	鋼単純I桁 RC逆T式橋台	橋台に水平クラック
8	国道431号	ほれこ橋	日吉津村日吉津	橋長L=16.0m 幅員W=20.5m	S59	PC単純プレテンT桁 RC逆T式橋台	橋台クラック ゴムパッド 支承に残留変形
9	主要地方道 溝口伯太線	新浅井橋	会見町市山	橋長L=17.0m 幅員W=9.8m	S61	PC単純プレテンT桁 RC逆T式橋台	護岸クラック 護岸・橋 台間に隙間
10	主要地方道 倉吉江府溝口線	大江橋	溝口町溝口	橋長L=305.0m 幅員W=8.0m	H1.11	PC単純プレテンT桁 RC逆T式橋台	橋脚1基に水平クラック 0.3mm
11	主要地方道 岸本江府線	大満橋	江府町小江尾	橋長L=40.0m 幅員W=7.5m	S49	鋼単純I桁	ジョイント遊間なし
12	一般県道 如来原御机線	南大山大橋	江府町宮市	橋長L=125.0m 幅員W=7.5m	S45	鋼単純トラス橋	支承セットボルト破断
13	町道 赤谷線	原田橋	西伯町赤谷	橋長L=7.0m 幅員W=4.0m	不詳	鋼単純I桁	石積み橋台の崩れに よる桁の沈降
14	主要地方道 岸本江府線	小林橋	岸本町小林	橋長L=250.0m 幅員W=11.0m	建設中	4径間連続PC箱桁 RC逆T式橋台	上部エコンクリートに クラック

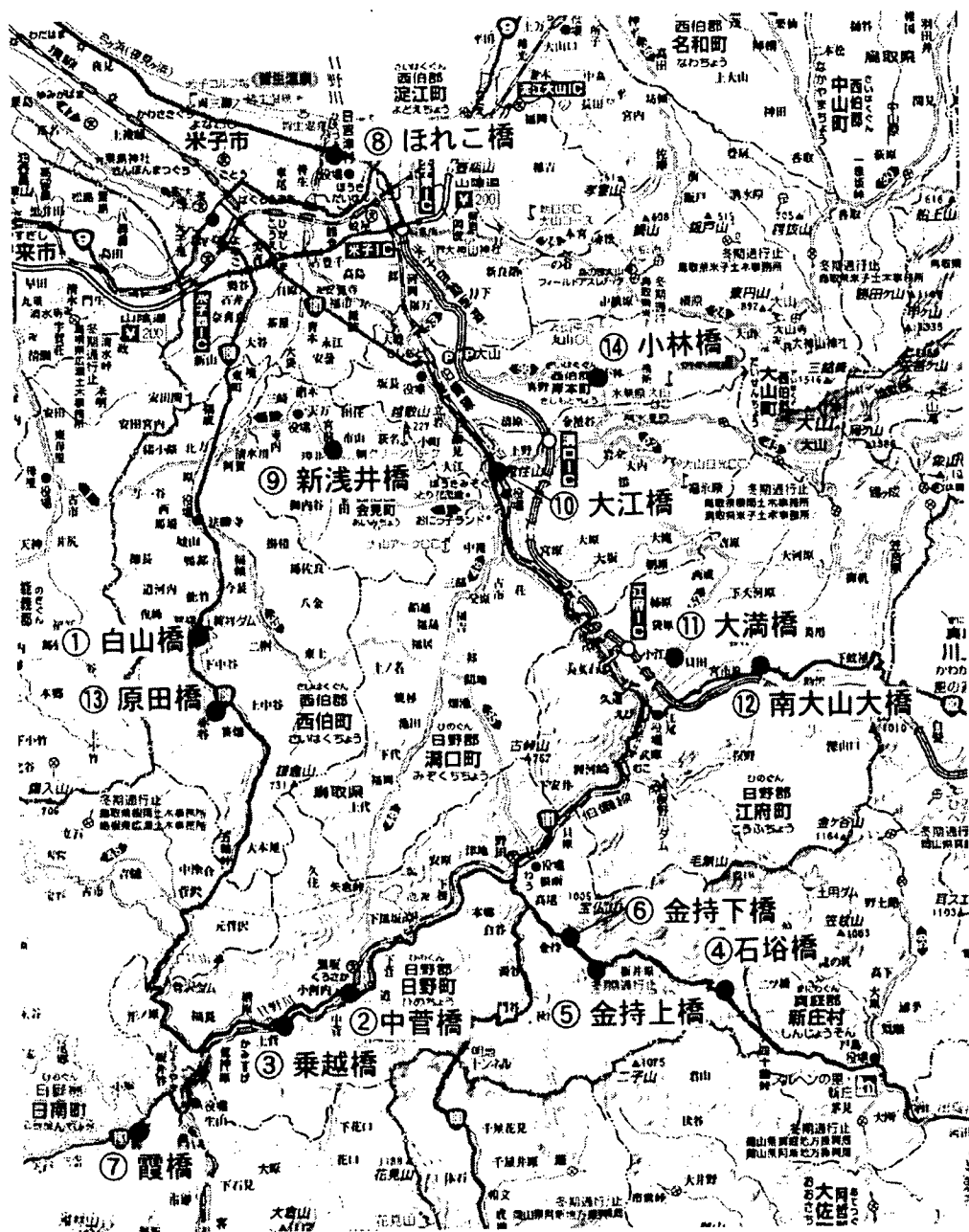
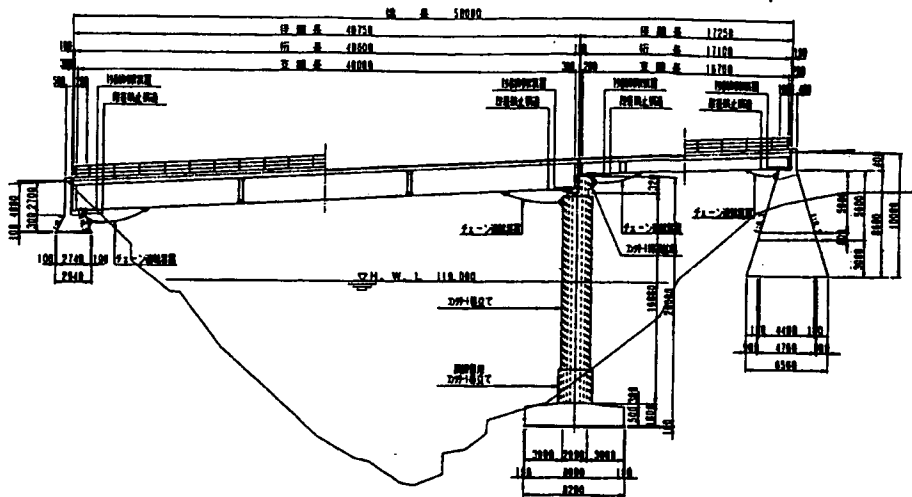


図-6・1 調査地点位置図
 (「プロアトラス2000 日本広域」(株)アルプス社)に加筆)

側面図



横断面図

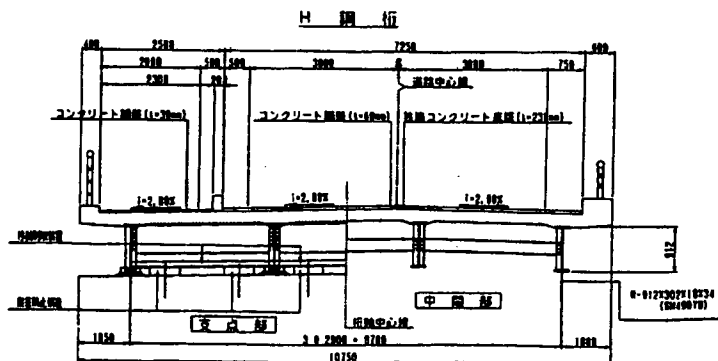
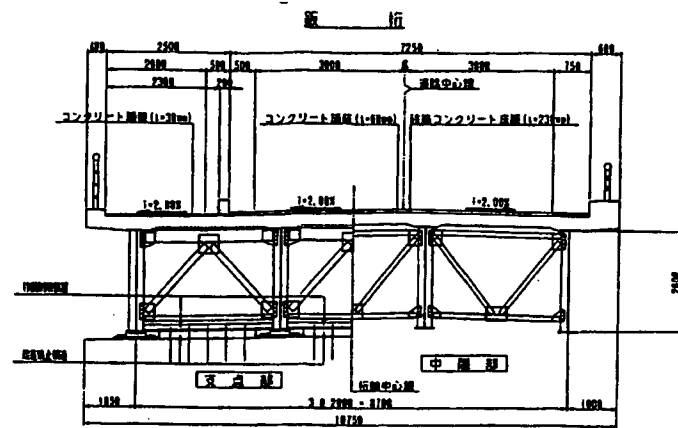


図-6・2 白山橋一般図 (資料提供：鳥取県米子土木事務所)

(5) 金持上橋 (かもちかみはし)

国道 181 号日野町金持に位置する鋼単純 I 桁 2 連の橋である (写真-6・13)。兵庫県南部地震後に、落橋防止装置、変位制限装置、沓座拡幅が施工されていた。橋台背面盛土の沈下が見られるが、それ以外は支承部をはじめとして特に変状は見られなかった (写真-6・14)。

(6) 金持下橋 (かもちしもはし)

国道 181 号日野町金持に位置する鋼単純 I 桁橋で、桁中間部から横ばりが張り出した構造である (写真-6・15)。橋台背面盛土に沈下があり、舗装によるオーバーレイで補修が行われていたものの (写真-6・16)、橋梁自体の被害は見られなかった。

(7) 霞橋 (かすみはし)

国道 183 号日南町霞に位置する鋼単純 I 桁 2 連の渡河橋である (写真-6・17)。兵庫県南部地震後に、沓座拡幅、落橋防止装置、橋脚補強 (コンクリート巻立て工法) が実施されていた。生山側の橋台と護岸の境界部に、1~2m 程度の長さにつながる水平クラックが見られた (写真-6・18)。支承部には特に変化が見られなかった (写真-6・19)。

(8) ほれこ橋

国道 431 号日吉津村日吉津に位置する単純 PC 桁橋である (写真-6・20)。両側橋台がそれぞれ桁側に移動した形跡があり、ゴムパッド支承に 1~2cm 程度の残留変形が見られた (写真-6・21)。また、橋台と護岸との間に隙間があり、コンクリート製の護岸にはクラックも見られた (写真-6・22)。

(9) 新浅井橋 (しんあさいはし)

会見町市山に位置する単純 PC 桁橋である (写真-6・23)。橋台背面の盛土が 3~4cm 沈下し、舗装によるオーバーレイで補修が行われていた。護岸および橋台に数本のクラックが見られた (写真-6・24, 6・25)。

(10) 大江橋 (おおえはし)

溝口町溝口に位置する 15 連の単純 PC 桁橋である (写真-6・26)。西から 5 番目の RC 橋脚 (橋軸方向 1.7m×橋軸直角方向 2.6m の矩形断面、高さ約 6m) で地表面から高さ 90cm の位置に、最大 0.3mm のクラックが 4 面に見られた (写真-6・27, 6・28)。他の橋脚も同様の構造と考えられるが、クラックが入っていたのはこの橋脚のみであった。

(11) 大満橋 (だいまんはし)

江府町小江尾に位置する鋼単純 I 桁である (写真-6・29)。可動支承が遊間いっぱいまで移動し (写真-6・30)、橋面部のフィンガージョイントの遊間もなくなっていた (写真-6・31)。この橋は調査時点では通行止めになっていたが、大きな損傷は見られなかった。

(12) 南大山大橋 (みなみだいせんおおはし)

江府町宮市に位置する鋼単純トラス橋である (写真-6・32)。ピン鋼製支承で固定側支承の桁・上沓間のセットボルトが上流側 1 本、下流側 2 本、破断していた (写真-6・33)。また、可動支承部に擦過痕が見られた (写真-6・34)。フィンガージョイント爪部には、爪どうしの衝突跡があり、また、鋼製の高欄と親柱の衝突により、鋼製高欄の下部材に座屈が生じていた。

(13) 原田橋 (はらだはし)

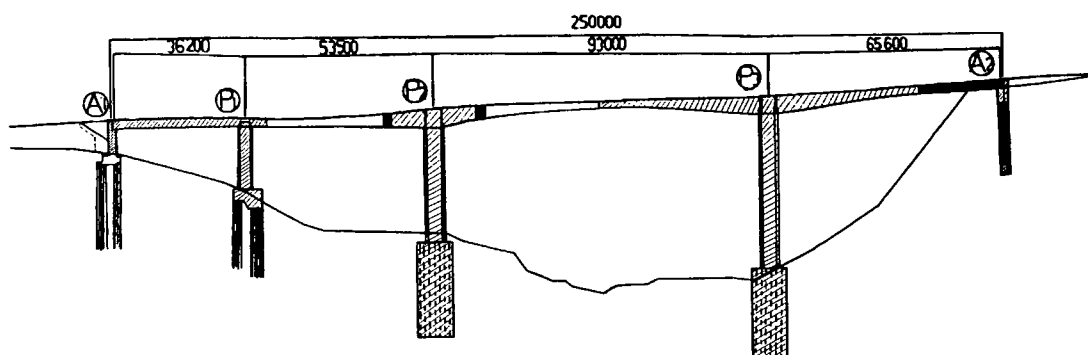
国道 180 号から分岐した西伯町赤谷の町道上に位置する支間 7m、幅員 4m の鋼単純 I 桁の斜橋である (写真-

6・35, 6・36)。支承が設置されておらず、桁が直接橋台に支持された簡易な構造であった。片側の橋台については、架けかえ前の木橋時の石積み橋台が利用されており、石積みの上部にコンクリートスラブが設置されていた。調査時点での桁や橋台の状況から判断すると、地震によりこの石積み橋台の桁の鈍角側が始めに崩れて桁が沈降したと考えられる（写真－6・37, 6・38）。反対側の橋台は下部からコンクリート構造で施工されており、やや川側に傾いているが、コンクリート橋台自体に損傷は見られなかった（写真－6・39, 6・40）。

(14) 小林橋（こばやしはし）

岸本町小林に施工中の4径間連続PC箱桁橋である（図－6・3, 写真－6・41）。A2側上部工張り出し最終ブロックと橋台側からの側径間の桁継ぎ目のウェブにハの字状のクラックが見られた（写真－6・42, 6・43）。ウェブの打設は地震前日（10月5日）で、上床版の打設はまだであった。コンクリート強度は設計基準強度が $40\text{N}/\text{mm}^2$ で、材齢1日で $14\text{N}/\text{mm}^2$ 程度の強度が発現していたと考えられる（鳥取県資料による）。また、橋台側からの側径間を支える支保工の橋軸直角方向のH型鋼が地震時の上からの荷重により座屈していた（写真－6・44）。A1側の桁端部と橋台が地震時に衝突し、桁側のコンクリートが一部欠け落ち、橋台部にもクラックが見られた（写真－6・45）。桁遊間は10cm程度であった。A1側橋台盛土部には地割れが数本見られた（写真－6・46）。

側面図



平面図

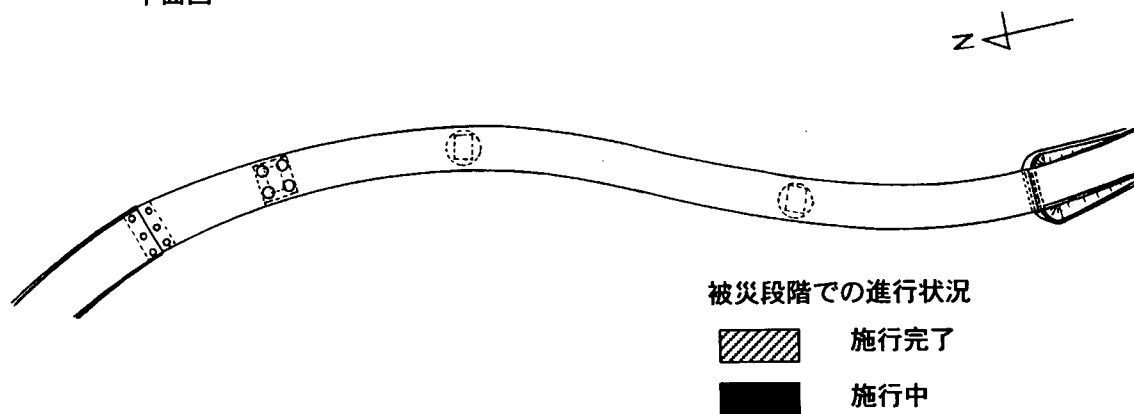


図-6・3 小林橋一般図（資料提供：鳥取県米子土木事務所 一部抜粋）

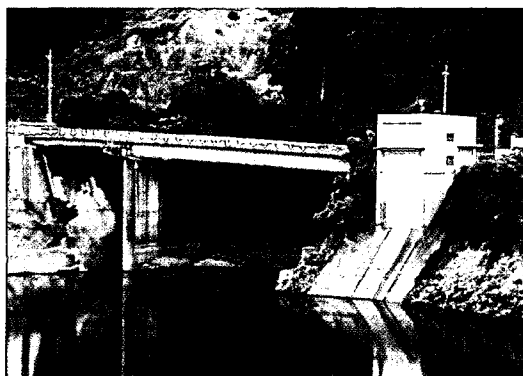


写真-6・1 白山橋全景
写真右手に賀祥ダムがある



写真-6・2 破損した沓座部
コンクリートの剥離によりアン
カーおよび内部鉄筋が見える

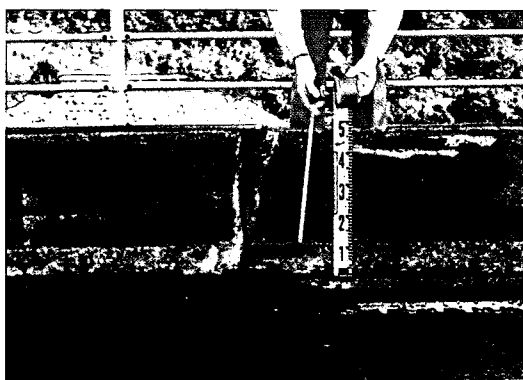


写真-6・3 日南町側橋台背面部の沈下
(色の変化している部分)

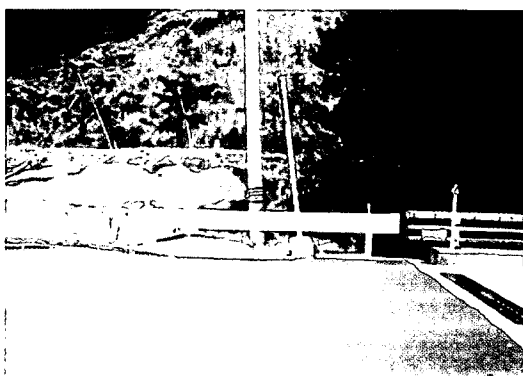


写真-6・5 橋台のずれによる地盤変状
により傾いた標識柱



写真-6・4 破損した沓座部(2)



写真-6・6 中菅橋全景
取付部をオーバーレイして
いる



写真-6・8 乗越橋全景

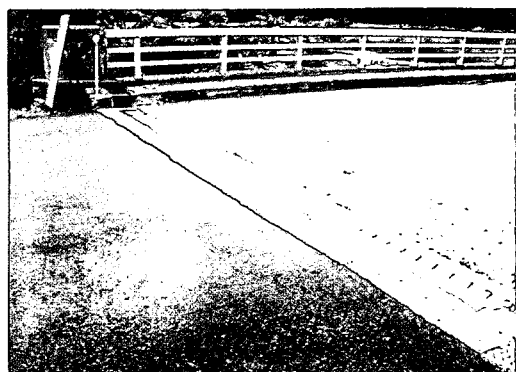


写真-6・9 遊間がなくなっているジョイ
ント部と段差補修後（乗越橋）

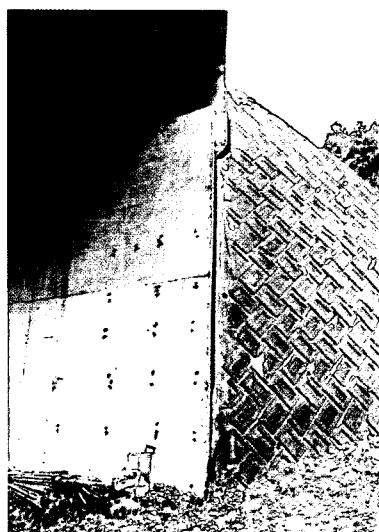


写真-6・7 橋台と盛土部にできた隙間
（中菅橋）

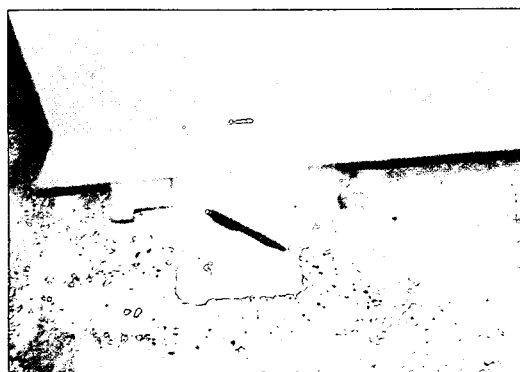


写真-6・10 限界まで変位している可動支承
（乗越橋）

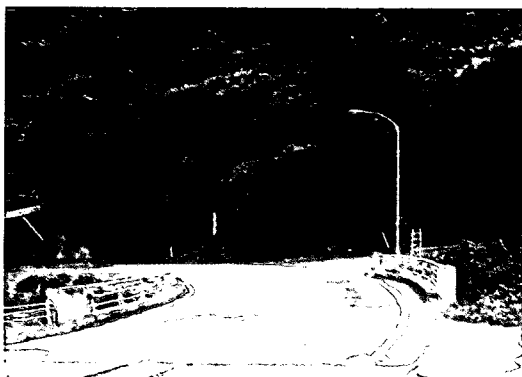


写真-6・11 石垣橋全景

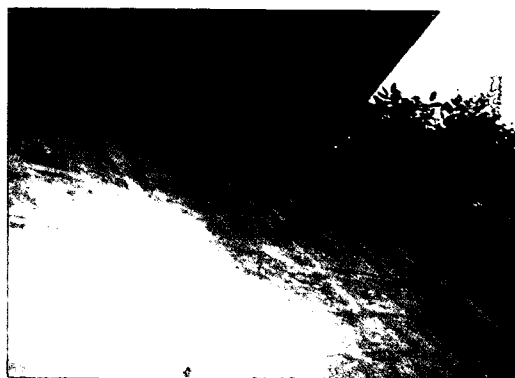


写真-6・12 橋台に入ったクラック
地震によるものと断定はできない
(石垣橋)

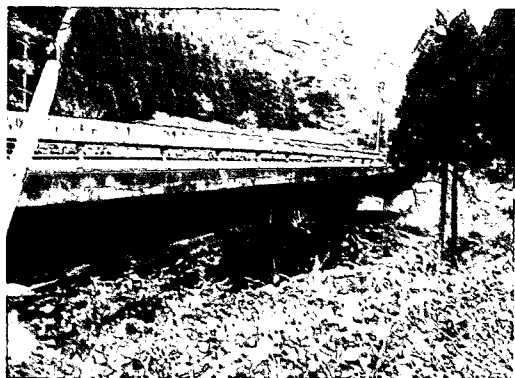


写真-6・13 金持上橋全景
橋台背面盛土の沈下以外の変状
は特に変状はみられない



写真-6・14 支承部にも特に変状はない
(金持上橋)

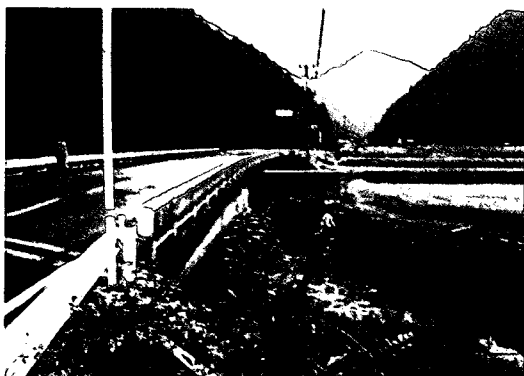


写真-6・15 金持下橋全景
中央部は張出梁になっている

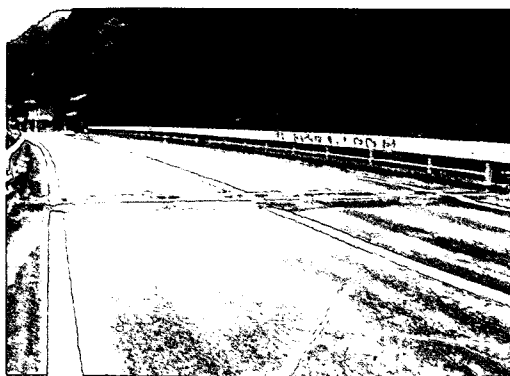


写真-6・16 ここでもオーバーレイの
跡が見られる (金持下橋)

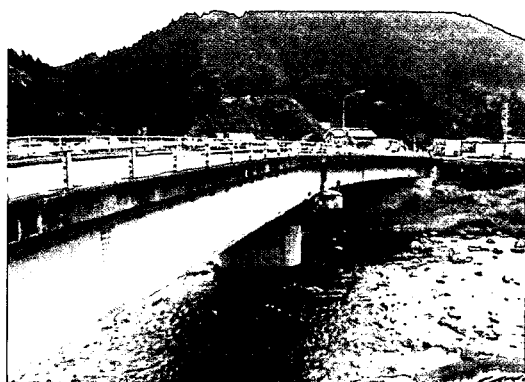


写真-6-17 霞橋全景



写真-6-18 左岸橋台部にできた長さ
1~2mほどの水平クラック
(霞橋)



写真-6-19 支承部には特に変化は見られ
ない (霞橋)

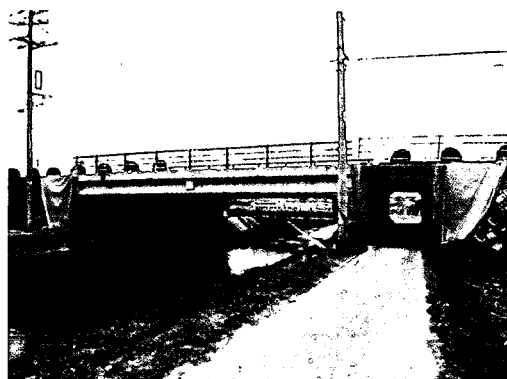


写真-6-20 ほれこ橋全景



写真-6-21 ゴム支承に残留変位が生じ
ている (ほれこ橋)



写真-6-22 護岸と橋台に隙間が生じて
おり、護岸にはクラックも
入っている (ほれこ橋)



写真-6・23 新浅井橋全景
段差の補修をしている

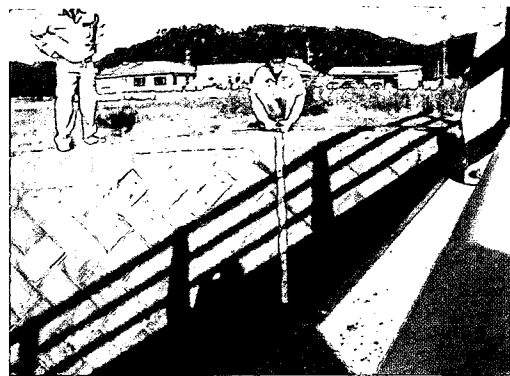


写真-6・24 護岸に生じたクラック
(新浅井橋)

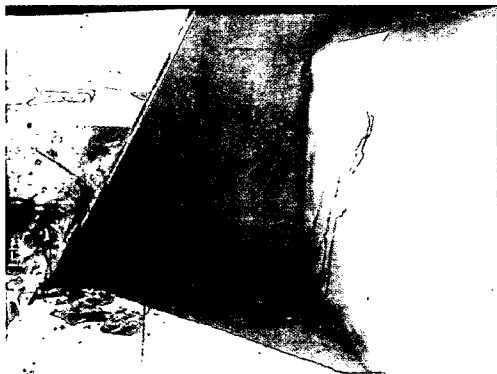


写真-6・25 橋台に生じたクラック
(新浅井橋)
(資料提供：鳥取県米子土木事務所)

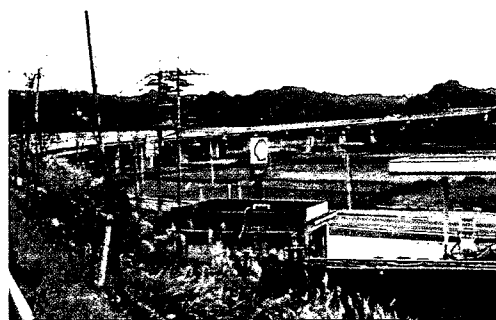


写真-6・26 大江橋全景



写真-6・27 跨線部の1橋脚にのみ生じていたクラック (大江橋)

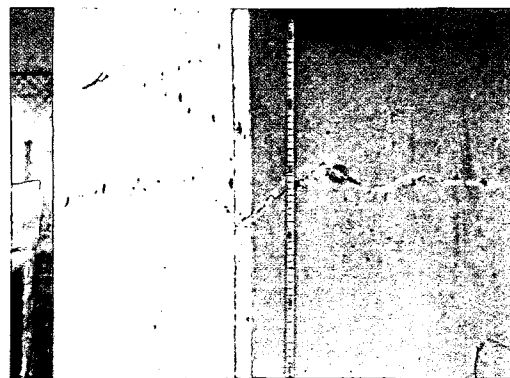


写真-6・28 地面からおおよそ90cmのところにクラックが生じている
(大江橋)

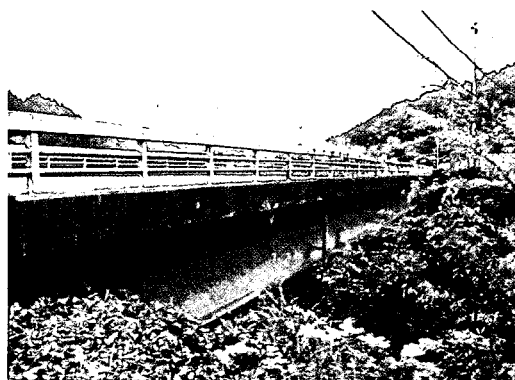


写真-6・29 大満橋全景



写真-6・30 変位限界まで動いている可動支承
(大満橋)

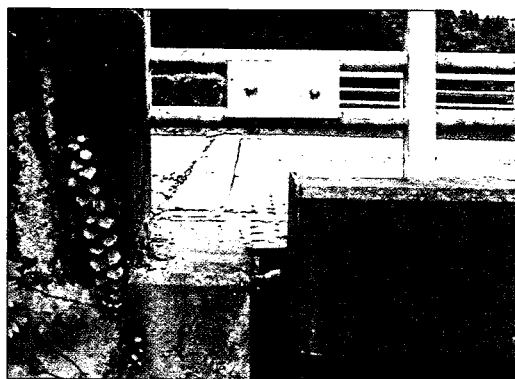


写真-6・31 遊間がなくなっているジョイント部
(大満橋)

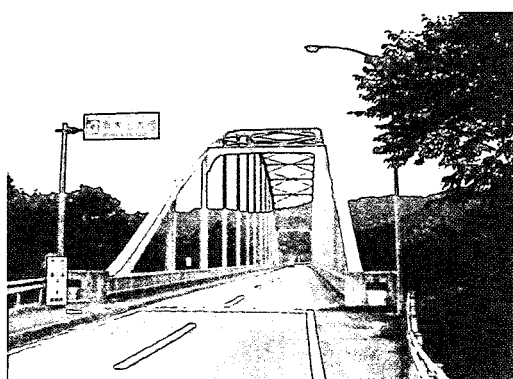


写真-6・32 南大山大橋全景

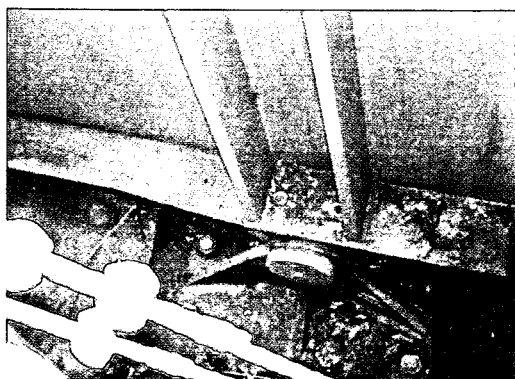


写真-6・33 セットボルトが破損している
固定支承部 (南大山大橋)



写真-6・34 擦過痕のある可動支承部
(南大山大橋)

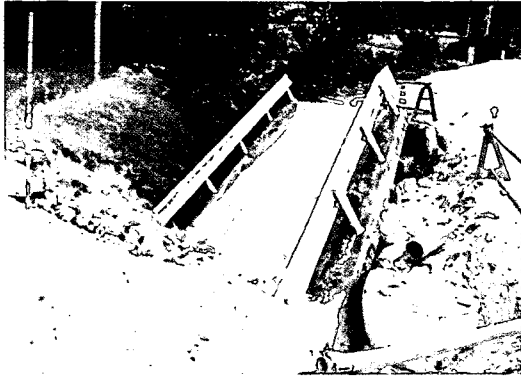


写真-6・35 原田橋全景

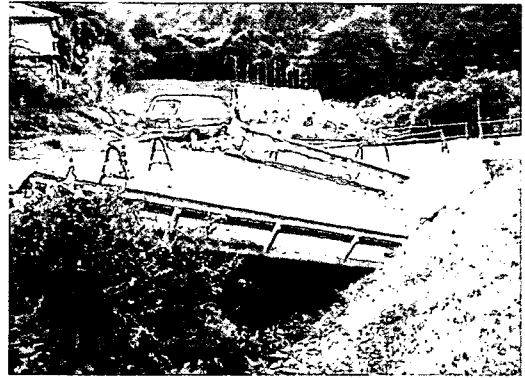


写真-6・36 桁の沈降状況
右側が石積み橋台



写真-6・37 石積み橋台（鋭角側）
石積み部からコンクリート
スラブが浮き上がっている



写真-6・38 石積み橋台（鈍角側）
橋台下部の石積みが崩れて
いることがわかる



写真-6・39 コンクリート橋台
やや川側の傾いている



写真-6・40 コンクリート橋台下部
橋台自体に損傷は見られない

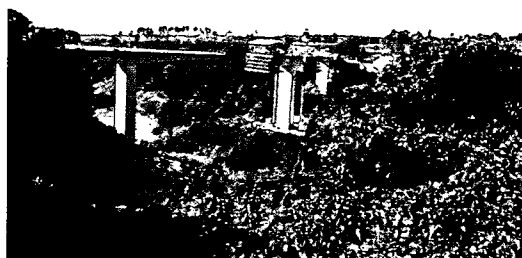


写真-6・41 小林橋全景



写真-6・42 A2側の側径間部と張出部



写真-6・43 側径間ウェブ部と張出部の継ぎ
目にハの字型入ったクラック
側径間部は被災前日に打設

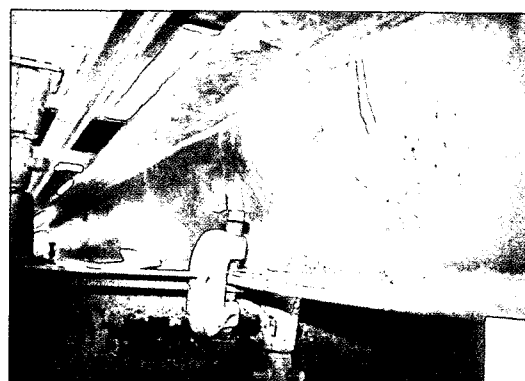


写真-6・44 A2側側径間支保工主桁受梁に
生じた変形

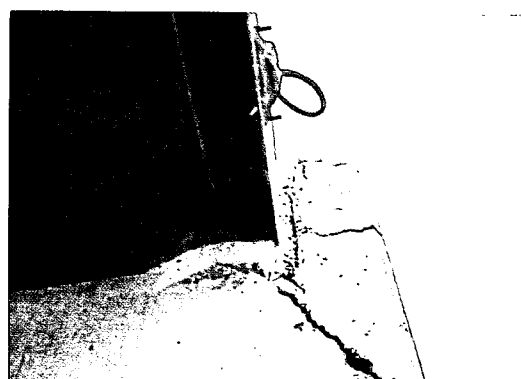


写真-6・45 A1橋台ウイング部と主桁の衝突
により生じたコンクリート剥離

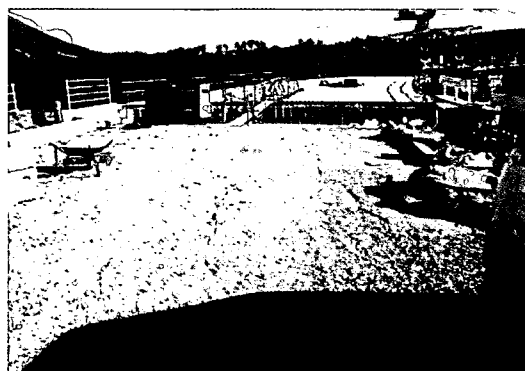


写真-6・46 A1側取付道路に生じた地割れ

6.2 落石・斜面崩壊による道路の被害

6.2.1 概要

表-6・2 に鳥取県管理の国道・県道の交通規制の対象となった被害の一覧を示す。通行規制の対象となった落石・斜面崩壊等による道路施設の被害としては、特に震源に近い溝口町、日野町、西伯町（位置は図-6・4 参照）の国道及び主要地方道において、石積み擁壁の崩壊、モルタル吹付けのり面の崩壊、盛土斜面の擁壁の変位が原因と考えられる路面の亀裂、および落石によるものがあつた。高速自動車国道では、米子道においてコンクリート片の落下、橋梁取り付け部の段差、ボックスカルバート部の段差による軽微な損傷が見られたが、道路交通機能に支障はなかつた。直轄国道においては特に被害は見られなかつた。補助国道においては 180 号線および 181 号線において、橋梁取り付け盛土の段差、落石、斜面崩壊等により通行止めないしは片側通行止め箇所が多数にのぼつた。また、県道、市町村道においても、橋梁取り付け盛土の段差、落石、斜面崩壊等により通行止めないしは片側通行止め箇所が多数にのぼつた。

表-6・2 国道・県道の交通規制状況（鳥取県内の路線分、2000 年 10 月 10 日（火）午後 6 時現在）

路線	箇所	規制	被害状況
国道180号	日野町下菅（藪津橋付近）	全面通行止	土砂崩落・落石等
国道180号	日野町黒坂～根妻	片側交通規制	落石・土砂崩落のため
国道180号	日野町福長～西伯町	片側交通規制	落石
国道180号	日野町福長	片側交通規制	法面崩落、路面陥没（計4ヶ所）
国道180号	日野町下榎	片側交通規制	落石、土砂崩落（本郷地区計8ヶ所）
国道180号	日野町濁谷	片側交通規制	落石
国道180号	西伯町大木屋～福成	片側交通規制	段差あり
国道180号	日野町津地	片側交通規制	路肩陥没
国道180号	日野町井ノ原	片側交通規制	土砂崩落、落石
国道181号	日野町根雨富士見橋	片側交通規制	道路陥没
国道181号	溝口町宮原	片側交通規制	路肩崩壊
国道181号	日野町貝原	片側交通規制	土砂崩落
国道183号	日南町生山	片側交通規制	落石の恐れあり
国道482号	江府町江尾	片側交通規制	路面亀裂
県道・倉吉江府溝口線	東伯郡東伯町野井倉～東伯郡界	全面通行止	道路亀裂有り
県道・倉吉江府溝口線	江府町御机第2鳥橋上	片側交通規制	路面崩壊
県道・西伯根雨線	西伯郡西伯町東上	全面通行止	土砂崩落、道路亀裂多数
県道・大滝白水線	日野郡溝口町大坂	全面通行止	落石のため
県道・大滝白水線	溝口町白水	片側交通規制	落石
県道・菅沢日野線	日野郡日野町久住	全面通行止	落石のため
県道・米子空港境港(T)線	境港市小篠津サトビ7橋	全面通行止	道路亀裂、道路段差
県道・倉吉赤碕中山線	西伯郡中山町萩原（うぐいす橋）	全面通行止	大型落石のため（2個）
県道・日野溝口線	溝口町中祖	全面通行止	土砂崩落のため
県道・日野溝口線	日野町下黒坂	片側交通規制	落石
県道・日野溝口線	溝口町福岡	片側交通規制	路面亀裂、段差有り
県道・西伯伯太線	西伯町法勝寺～伐株（法勝寺（宮ノ前橋）4トン車以上通行止め、武信～伐株間は片側通行）	全面通行止	法面崩落
県道・日野溝口線	日野町下黒坂～溝口町上代	全面通行止	岩盤崩落、路面亀裂
県道・本山伯太線	日南町立石	全面通行止	路肩崩落のため
県道・板井原濁谷線	日南町板井原	全面通行止	路面クラック
県道・名和岸本線	岸本町番原	片側交通規制	路面亀裂
県道・神戸ノ上新見線	日南町神戸上（駐車場付近）	片側交通規制	路肩崩落
県道・福頼市山伯耆大山（T）線	会見町田住	片側交通規制	道路陥没（幅5～6センチ）、道路亀裂
県道・米子岸本線	岸本町岩屋谷	片側交通規制	路面亀裂
県道・赤松淀江線	淀江町西尾原	片側交通規制	路面亀裂
県道・岸本江府線	江府町袋原	片側交通規制	路肩崩壊、段差あり
県道・岸本江府線	岸本町小林	片側交通規制	路面陥没
県道・岩屋谷米子線	米子市別所	片側交通規制	路面クラック

*鳥取県のホームページより

6.2.2 調査した落石・斜面崩壊による道路の被害状況

本項では、平成12年10月9日に緊急調査を行った箇所のうち、代表的な落石・斜面崩壊による道路関係の被害の状況について述べる。調査箇所を図-6.4に示す。

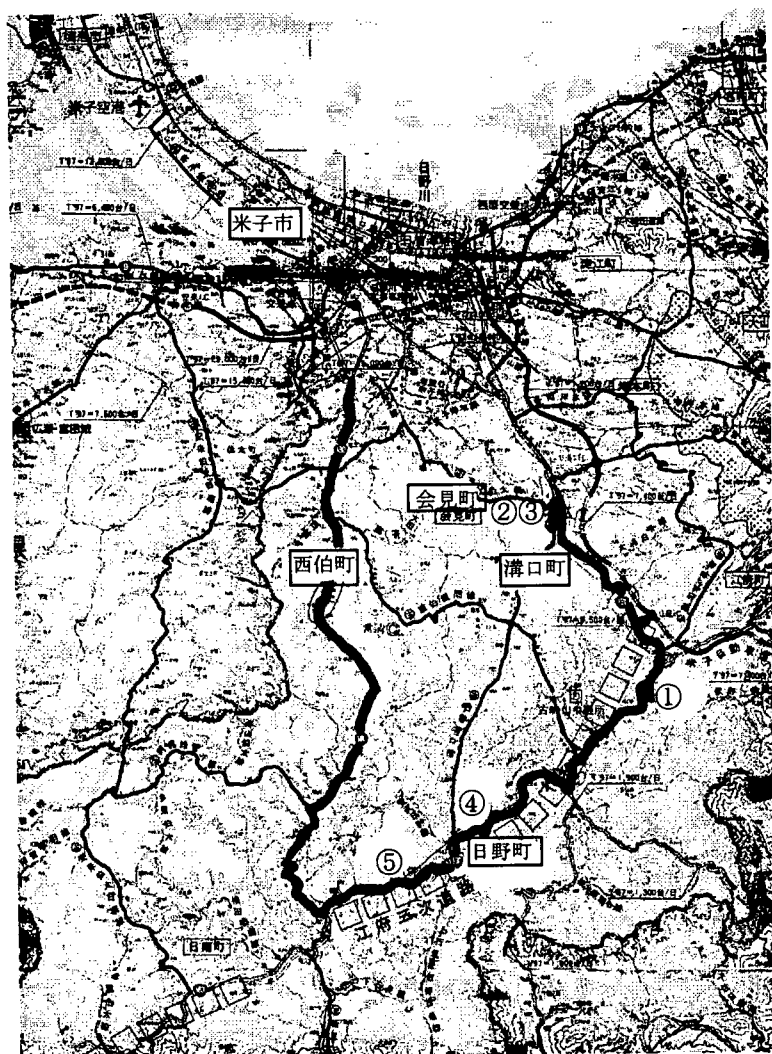


図-6.4 調査箇所

(1) 一般国道482号の路面クラック

写真-6.47に一般国道482号片切片盛道路の被害状況(図-6.4の調査箇所①)を示す。尾根部を切り、谷部を盛って作られた道路の路面に、ほぼ谷地形に沿って亀裂が走った(図-6.5参照)。谷側は高さ5~10mの練石積み擁壁である。亀裂は最大で開口幅15cm、段差10cmであり、谷側の歩道と路面との境にも幅5~10cmの開口が見られた。写真-6.48に谷側の練石積み擁壁を示すが、練石積み擁壁に目立った変状は見られなかった。

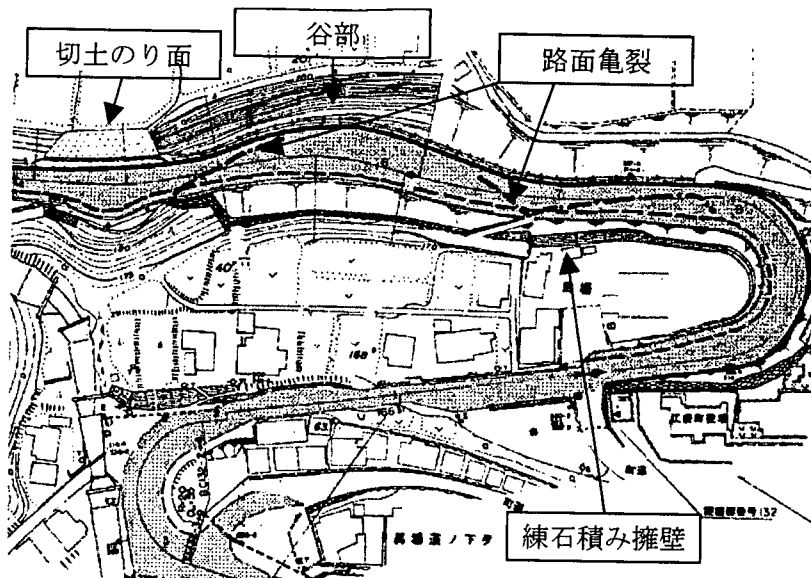


図-6.5 路面クラックの状況

(2) 県道日野溝口線の落石被害

写真-6.49 および図-6.6 に主要地方道日野溝口線溝口町字代における落石被害（調査箇所②）を示す。道路側方の急崖上の岩盤が崩壊して多数の落石が発生した。山側の平場（待避場）に停車中の軽乗用車の前部に巨岩が直撃した。これらの落石は斜面勾配約 50° の斜面上方約 70~80m の高さの発生源（写真-6.50 参照）から落下したものと推測される。斜面は樹木に覆われており、斜面上の転石の有無等は不明である。落石の生じた範囲は道路延長約 100 m に及び、落下した岩塊は径 2~2.5m 程度のものが 30 個近くあった。これらのうち、いくつかの岩塊は路面上をころがり、道路を横断していた（写真-6.51 参照）。写真-6.52 は落石の衝突による土留壁の被害の状況である。上記発生源下方に設置されていた、約 40cm の厚さの無筋コンクリート土留壁上部に落石が衝突し、幅約 3~5m にわたり崩壊した。

写真-6.53 は、上記落石発生付近に設置されていた落石防護柵の被害（調査箇所③）である。防護柵はコンクリート擁壁高 1m、柵高 1m、全高 2m のワイヤロープ金網式防護柵である。径 2~2.5m 程度の落石が衝突しワイヤロープを突き抜け、道路反対側まで達していた（写真-6.54 参照）。ワイヤロープは落石の衝突により大きなたわみが生じたが、破断は見られなかった。防護柵背後の斜面は切土斜面でのり砕工が施工されていたが、落石はその上方で発生したものであると考えられる。その他、径 50cm 程度の岩塊が防護柵の天端に衝突し、道路側にくっついたものが 3 個程度見られた。

(3) 一般国道 180 号における石積み擁壁の被害

写真-6.55 に一般国道 180 号日野町根妻付近における石積擁壁の崩壊状況（調査箇所④）を示す。道路延長方向約 15m にわたり、石積土留壁が崩壊した。当該地点は尾根部を切り取ったのり面であり、調査時点では復旧作業中であつた。切土のり面写真手前の隣接する重力式擁壁には変状は見られなかった。

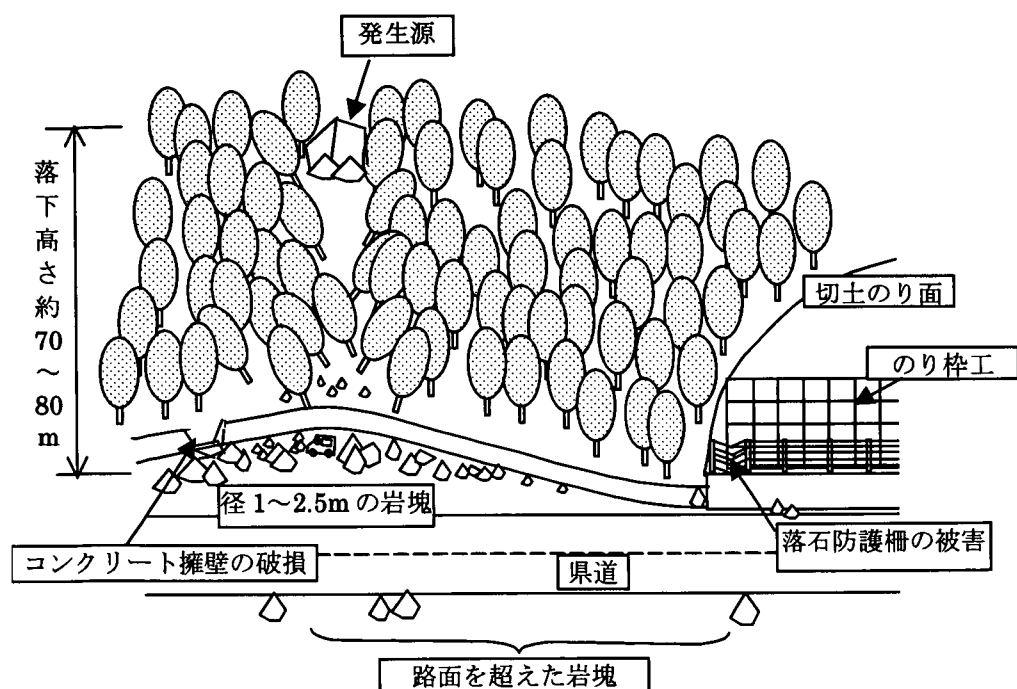


図-6・6 落石発生箇所の概要

(4) 一般国道 181 号におけるモルタル吹付けのり面の被害

写真-6・56 に一般国道 181 号日野町黒坂付近におけるモルタル吹付けのり面の崩壊状況(調査箇所④)を示す。道路脇のモルタル吹付け岩盤斜面が高さ 2~3m の位置で板状に剥離し落下した。地質は風化した花崗岩であり、のり面凸部を中心に楔崩壊を生じたと考えられる。道路脇には歩道が設置されており、崩壊した岩塊は歩道によって止められたため、路面に到達した岩片は僅かであった。

その他、調査ルート沿いでは、一般国道 180 号、181 号の日野町根雨~西伯町において、落石径 50cm 程度の小規模な落石、小規模な斜面崩壊、片切片盛部での路面陥没・亀裂、のり肩すべり、橋梁取り付け盛土の沈下等が多く見られた。

6.2.3 まとめ

今回の地震における道路の被害のほとんどは、取り付け盛土の沈下、路面のクラックの軽微な損傷、落石・斜面崩壊によるものであり、過去の地震で見られたような盛土の大規模な崩壊は生じておらず、地震動の大きさの割には被害が小さかったように見えた。これは基礎地盤が比較的しっかりしていたこと等が考えられるが、今後の調査検討が必要である。

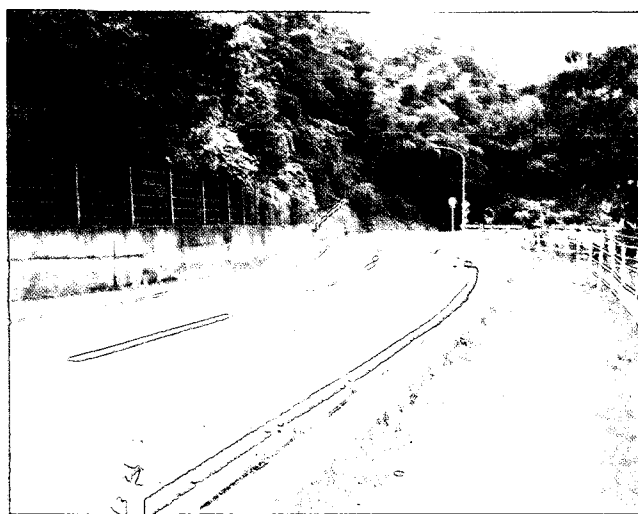


写真-6・47 国道 482 号片切片盛道路の被害状況

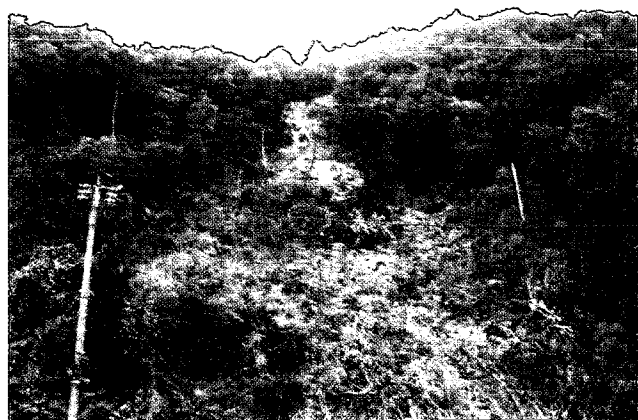


写真-6・50 落石発生源

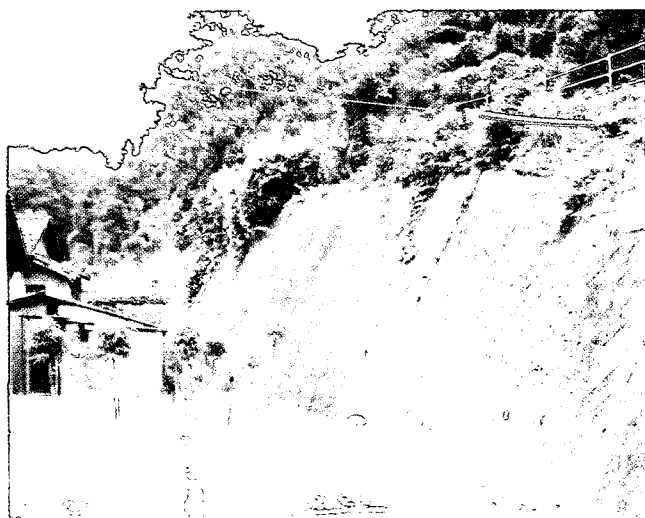


写真-6・48 下方の練石積み擁壁



写真-6・51 道路反対側まで達した落石



写真-6・49 落石の発生状況



写真-6・52 土留壁の被害状況

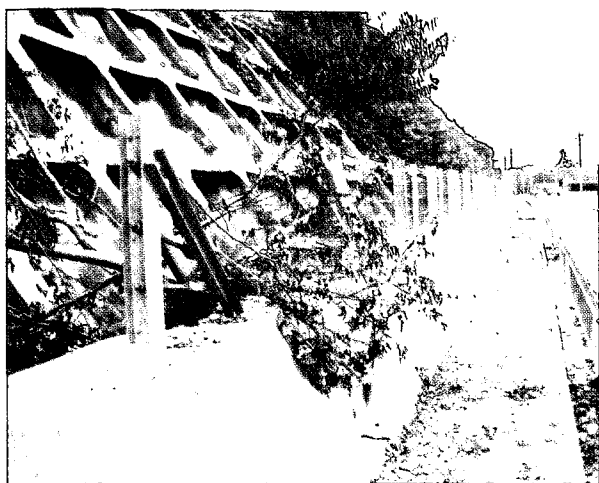


写真-6・53 落石防護柵の被害



写真-6・56 モルタル吹付けのり面の崩壊



写真-6・54 防護柵を破壊し、道路反対側まで達した
落石



写真-6・55 石積擁壁の崩壊

7. 河川管理施設

7.1 堤防

鳥取県西部地震によって被災した主な直轄堤防は、日野川、法勝寺川の河川堤防と中海沿岸、宍道湖沿岸の堤防である。本節ではこれらの堤防について被害分布と被害の概要を述べる。なお、本節で用いた図面は建設省出雲工事事務所から提供を受けたものである。

7.1.1 河川堤防

鳥取県西部地震の強震地帯に存在する河川の内、河川堤防が被害を受けたのは日野川とその支流である法勝寺川であった。図-7・1に被害を受けた堤防の箇所を赤線で示す。

日野川河口付近では左岸堤防の天端が長さ約 1200m にわたり沈下した。法勝寺川では、合計 4 箇所にて被害が生じた（図-7・1の②～⑤）。図中写真に示すように、被害内容は、堤防天端の縦断クラック及び樋門取り付け部における護岸の破損であった。

7.1.2 中海沿岸堤防

(1) 被害分布

中海沿岸の堤防被害分布を一図 7・2 に示す。堤防に被害が生じた地点のほとんどは干拓地あるいは埋立て地であり、自然地盤上の堤防に被害が生じた地点は荒島地区（飯梨川河口付近）の軟弱な旧河道跡地であった。なお、本資料には中海干拓事業に伴う締切り堤防の被害状況は含まれていないことを断っておく。

(2) 被害の概要

1) 彦名干拓堤防

彦名干拓地における堤防の被害を図-7・3 に示す。堤防を赤色で示した部分はクラック開口幅、段差が 10cm 以上、堤防の沈下が周辺よりも大きいなど、全体的に被害が甚大な箇所（被害ランク A）であり、青色で示した部分はほとんど被害が生じていない箇所（被害ランク D）である。なお、堤防内側の赤線は被害状況を示すものではないことに注意されたい。彦名干拓堤防の多くの区間で被害程度が最も大きな被害ランク A となっているが、後述する弓浜干拓地堤防と比較して、全体的に被害の程度は小さい。図中には堤防の被害タイプ別の分類も示されている。多くの区間では、堤体に縦断クラック及び段差が生じ、被害タイプ 1 または 2 に分類されているが、C・C断面付近では天端沈下量が大きく、タイプ 5 に分類されている。

堤防の代表的な箇所における被災横断面図を図-7・4 に示す。また、図-7・3 中に赤丸で示した位置にて行われた既存ボーリング調査を基に作成された堤防縦断方向の地質縦断図を図-7・5 に示す。地表から 3～9m の埋立て土層に続き、沖積砂層が堆積している。被害のあった区間の堤防周辺部には、縦断方向に連続して噴砂等の液状化の痕跡が見られた。埋土層のN値は全体的に極めて小さいのに対し、沖積砂層では 10 以上となっており、地震による埋土層の液状化が堤防被害の主な原因となった可能性があるものと考えられる。しかしながら、埋土層厚と堤防の被害程度との間には明確な相関関係は見られない。

2) 弓浜干拓堤防

弓浜干拓地における堤防の被害を図-7・6 に示す。堤防を赤色で示した部分はクラック開口幅、段差が 10cm 以上、堤防の沈下が周辺よりも大きいなど、全体的に被害が甚大な箇所（被害ランク A）であり、青

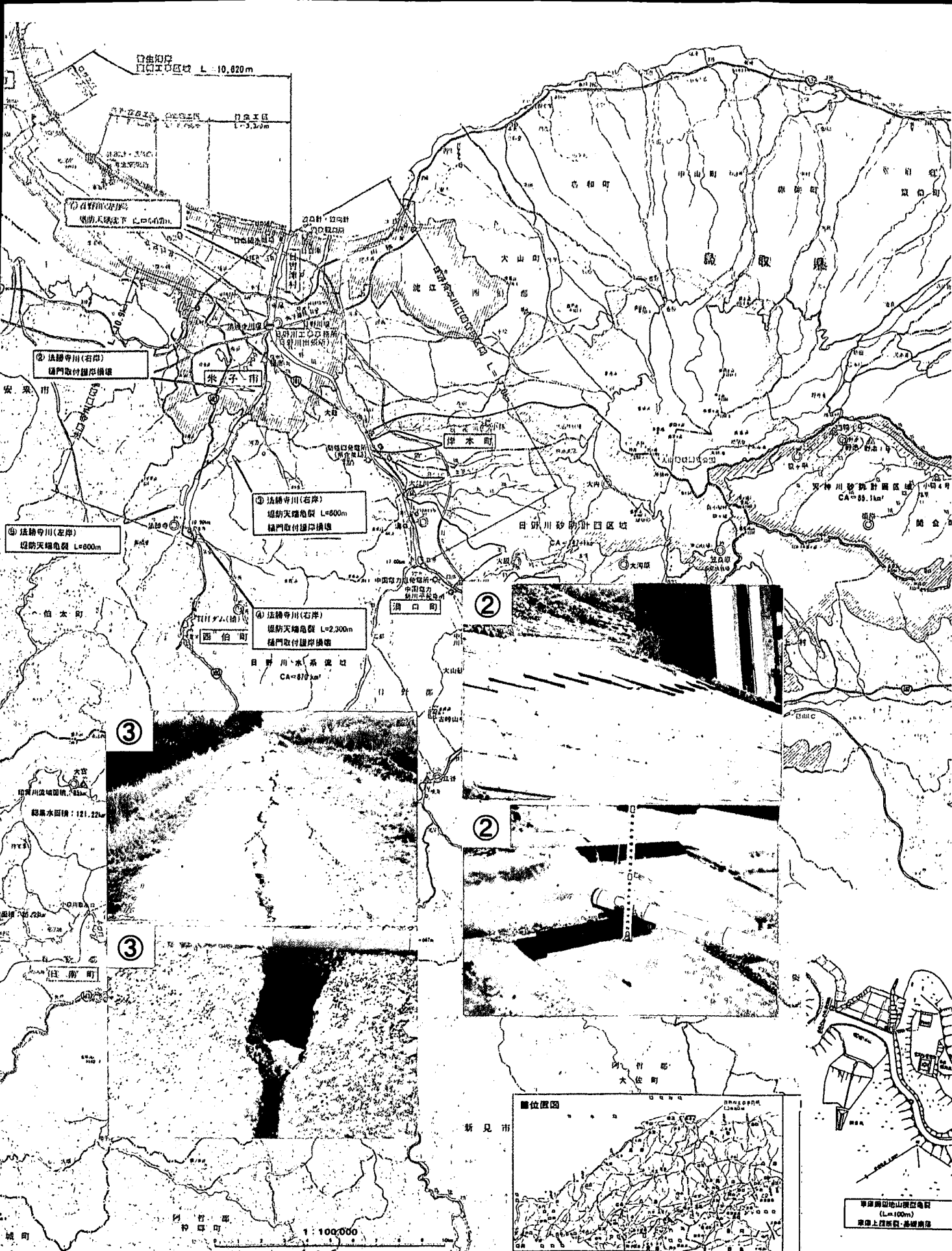


図-7.1 日野川、法勝寺川堤防の被災箇所

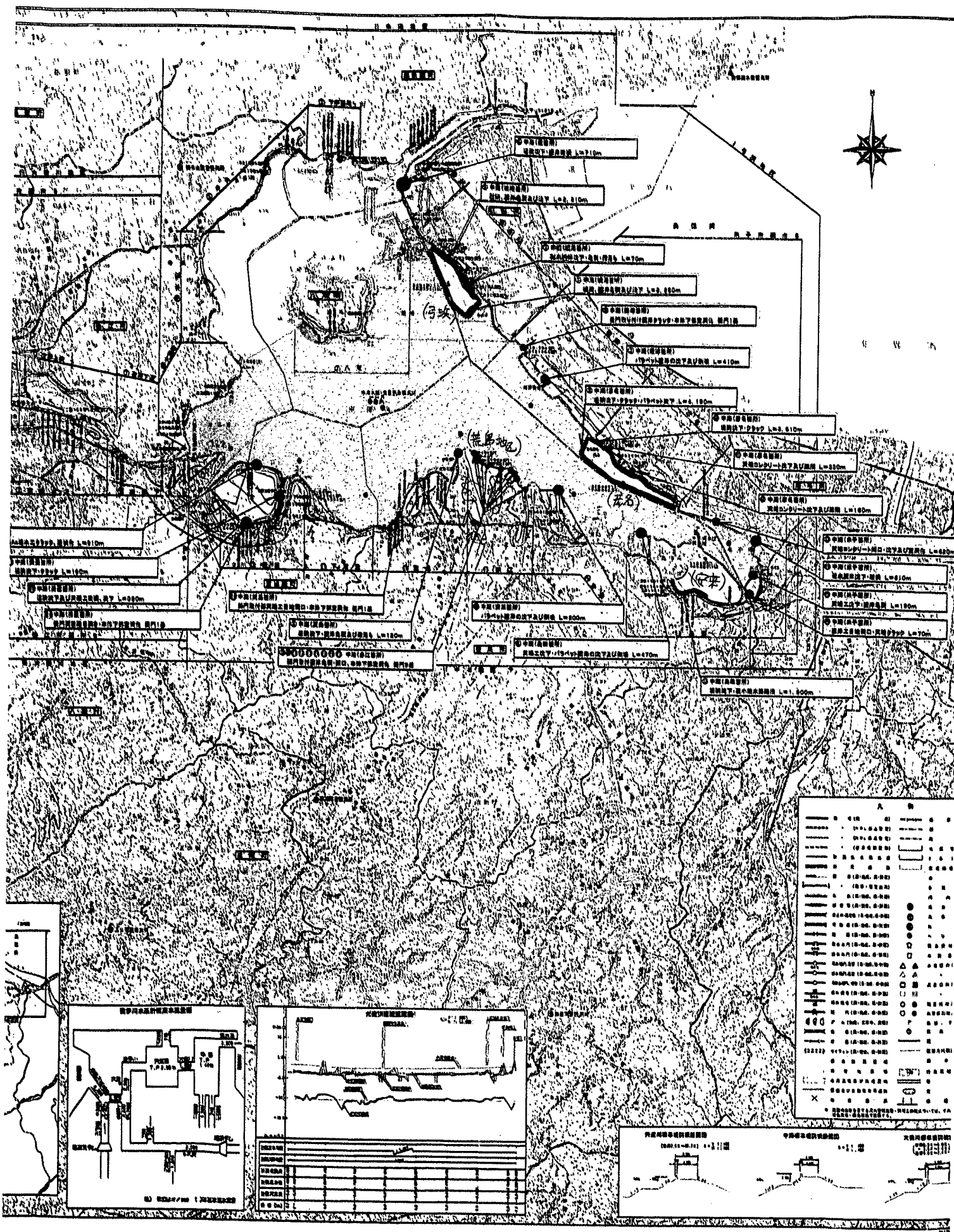
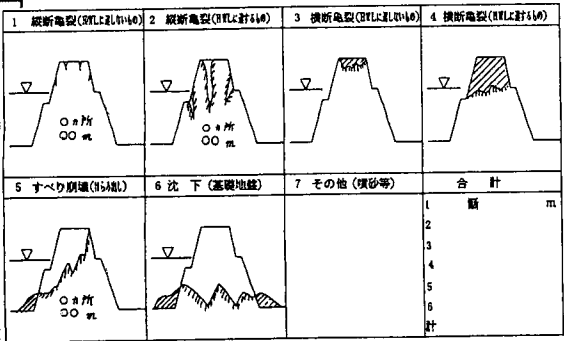
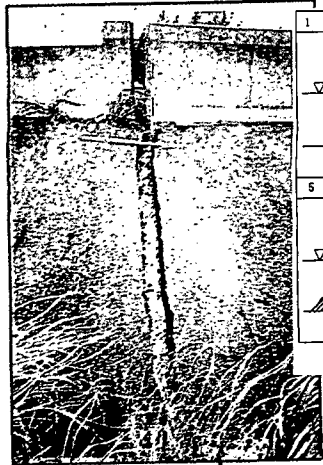
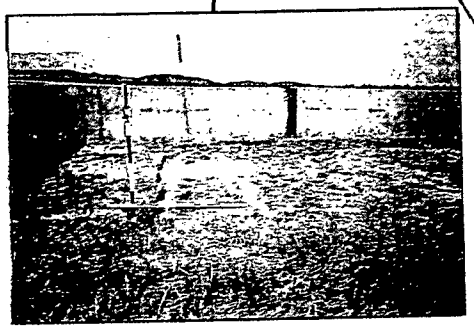
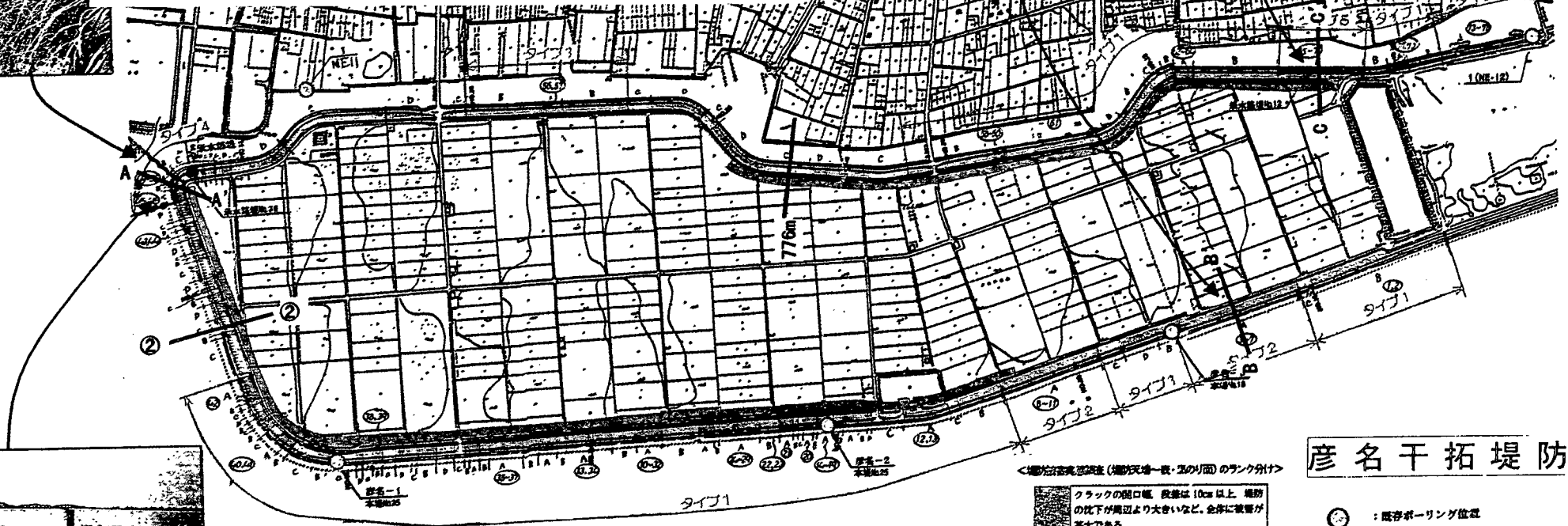


図-7.2 中海沿岸部の堤防の被災箇所



※同図から判定されるタイプ6は、被災断面について計画高水位(HWL)以上に残留する堤体が無いものと位置付けられている。
しかし、本計画で判定しているタイプ6には基礎地盤の液状化に起因して堤体が沈下し、同時に発生した亀裂深さがHWLに達したものも本タイプに位置付けている。このため、厳密にはHWL以上に堤体が残留する断面もこのタイプに含まれている。



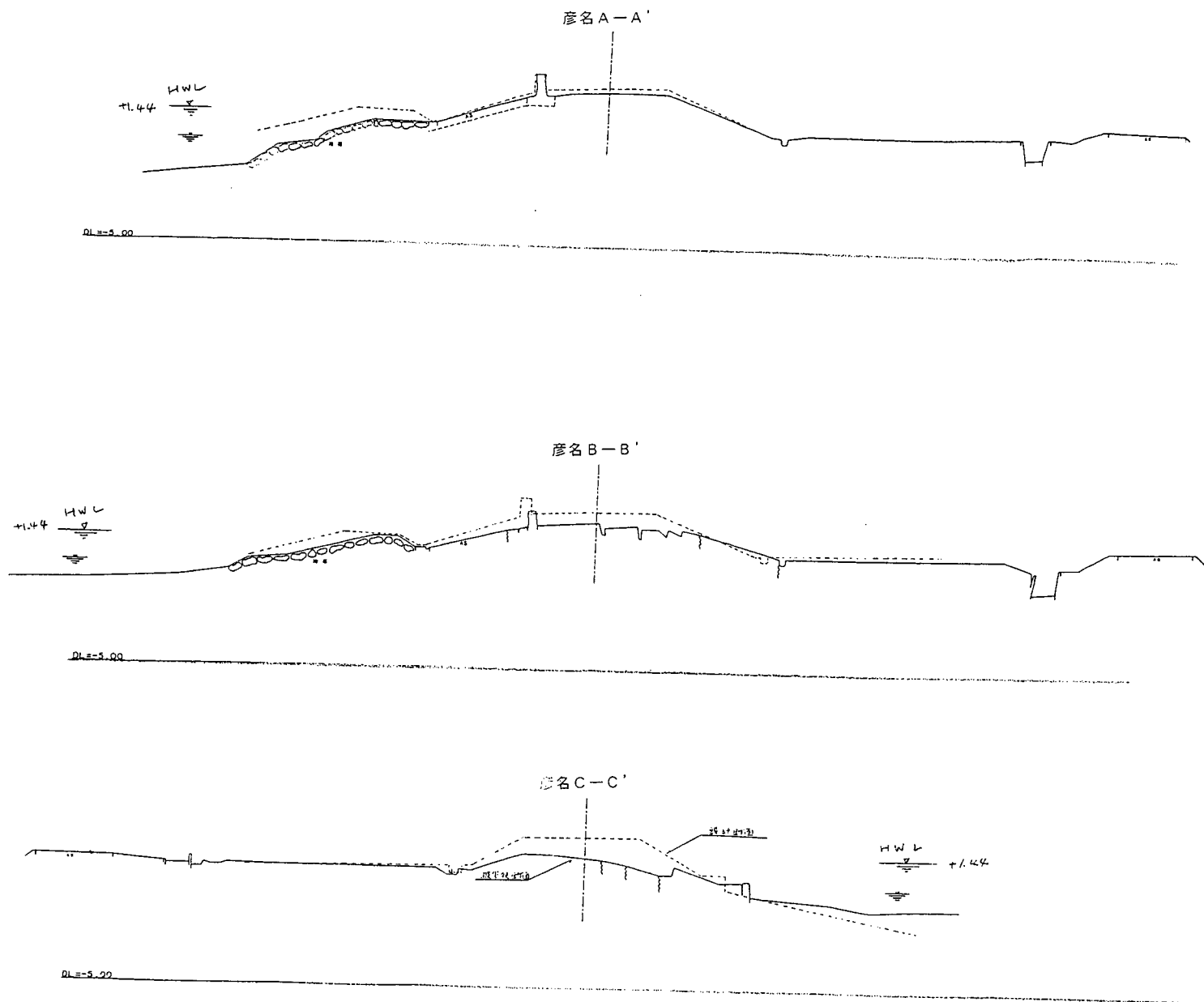
彦名干拓堤防

＜堤防被害調査結果(堤防天端一帯・型1のり面)のランク分け＞

	クラックの開口幅、段差は10cm以上、堤防の沈下が周辺より大きいなど、全体に被害が甚大である。
	クラック開口幅、段差は10cm未満で、被害は中程度である。
C	局所的な変状(開口幅、段差が1cm未満など)にとどまっている。
D	堤面上、クラック等の被害が特に認められない。

○：既存ボーリング位置

図-7.3 彦名干拓地における堤防の被害



彦名 776m

102 彦名干拓地 被災断面図 (A区間)
彦名中橋～境港側
776m

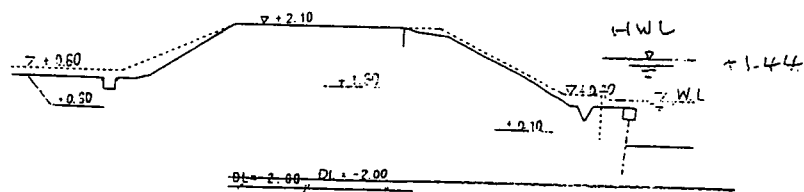
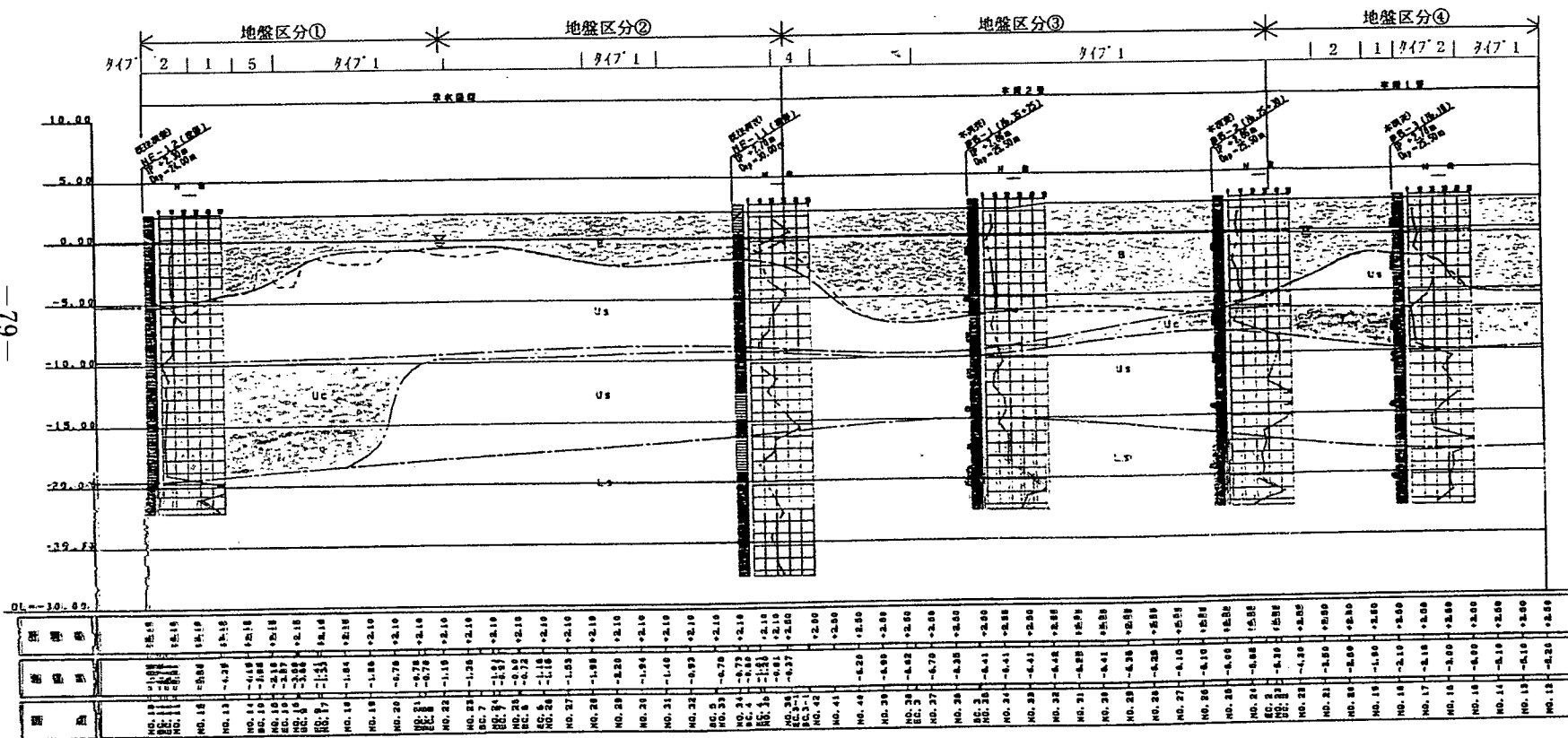


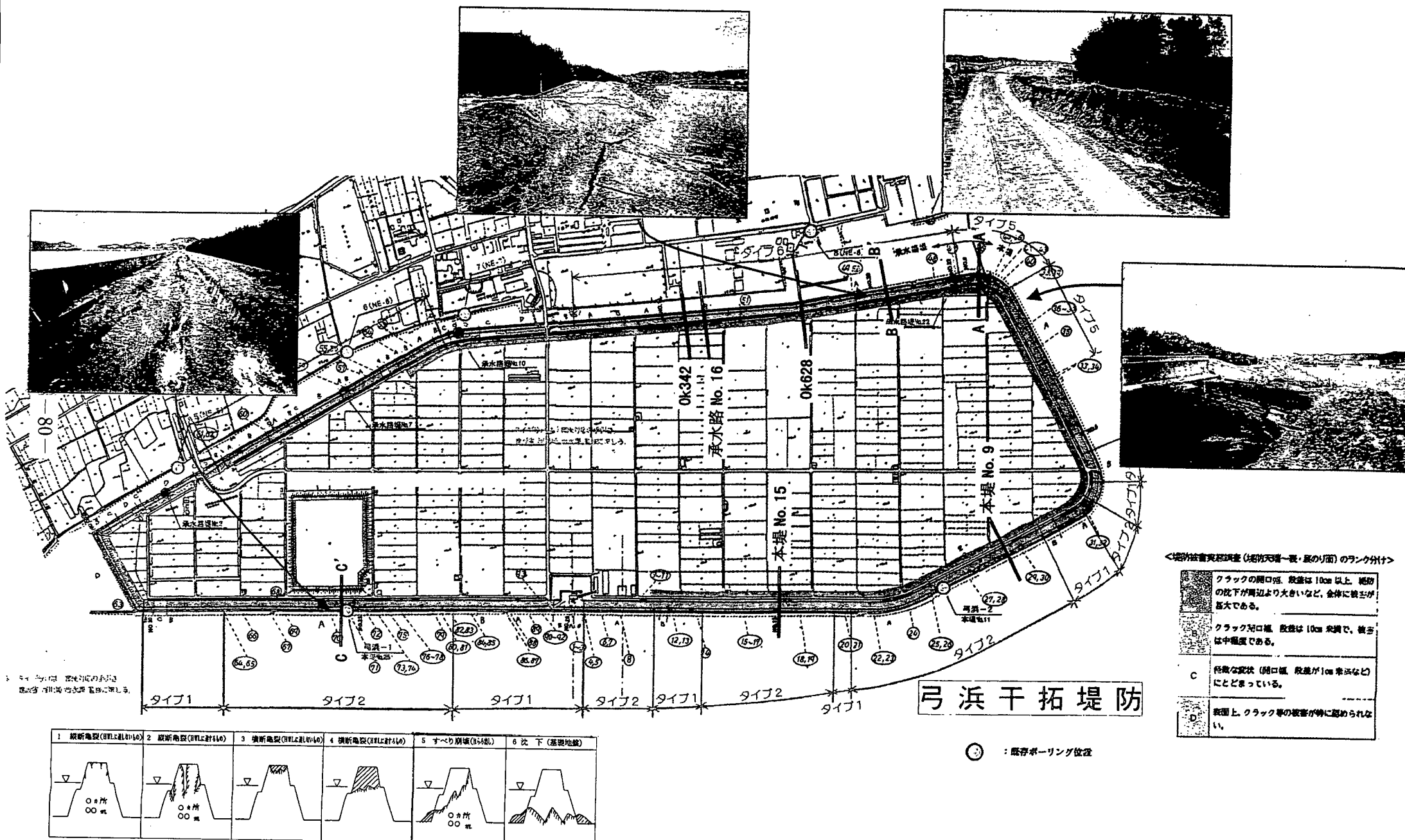
図-7.4 彦名干拓地における代表的な被害地点における堤体断面図



地盤地質区分		
時代	地盤地質区分	記号
新第三紀	層状土層	Ua
	上砂層	Us
	上砂層土層	Uc
	下砂層	Us
	下砂層土層	Ls
	層状土層	Lm

※タイプ分けは「震後対応手の引き」
建設省 河川局 治水課 監修に準じる。

図-7.5 彦名干拓地における堤防縦断方向の地質断面図



＜堤防被害実態調査（堤防天端～裏の斜面）のランク分け＞

A	クラックの開口部、最深は10cm以上、堤防の底下が周辺より大きいなど、全体に被害が甚大である。
B	クラックの開口部、最深は10cm未満で、被害は中程度である。
C	特徴的な状況（開口部、最深が10cm未満など）にとどまっている。
D	断面上、クラック等の被害が特に認められない。

図-7-6 弓浜干拓地における堤防の被害

色で示した部分はほとんど被害が生じていない箇所（被害ランクD）である。弓浜干拓堤防は一部区間を除き、ほとんどの区間で被害程度が最も大きな被害ランクAとなっている。干拓地南東部では堤防天端が計画高水位を下回る大きな沈下が生じた区間（被害タイプ6区間）もある。図中には堤防の被害タイプ別の分類も示されている。多くの区間では、堤体に縦断クラック及び段差が生じ、被害タイプ1または2に分類されているが、タイプ5や6の区間もある。

堤防の代表的な箇所における被災横断面図を図-7.7に、干拓地北側の堤防の状況を写真-4.1~4.3に示す。中海側（干拓地西側）の堤防天端にはコンクリート製パラペットが設置されている。パラペットはその直線性を概ね保っていたが、堤体に大きな変状を生じた地点では最大30cm程度蛇行していた（写真-7.3。



写真-7.1 弓浜干拓地 中海側堤防天端の状況



写真-7.2 弓浜干拓地中海側堤防天端のクラック

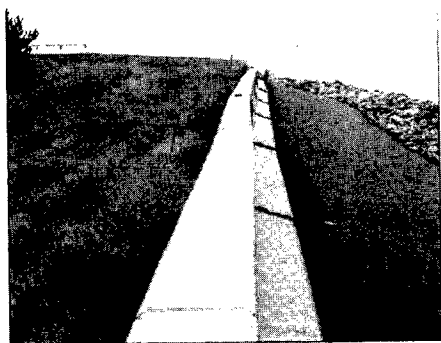


写真-7.3 弓浜干拓地 中海側堤防パラペット
(本堤No.15地点より南方を望む)



写真-7.4 弓浜干拓地 中海側堤防法尻水路の状況

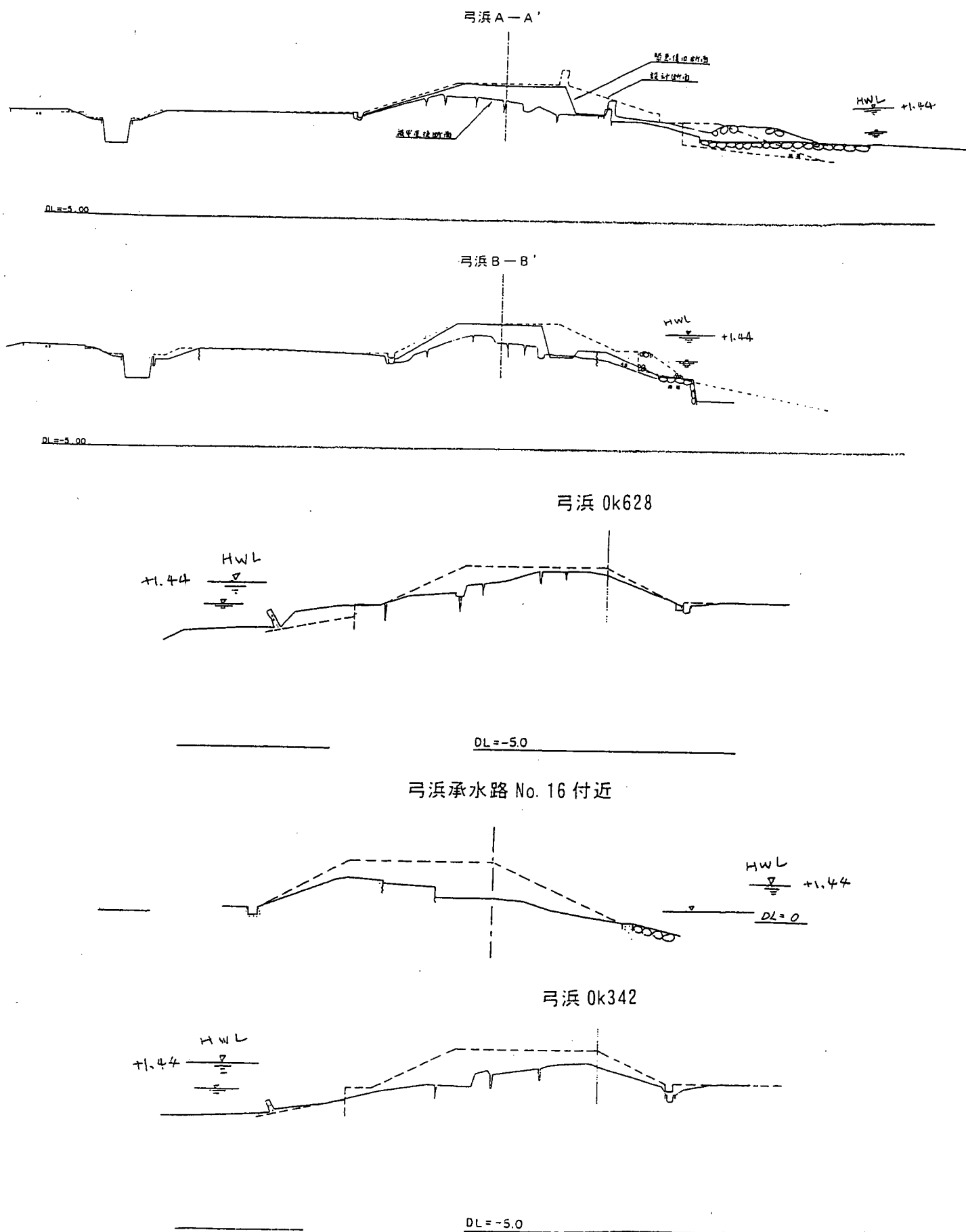
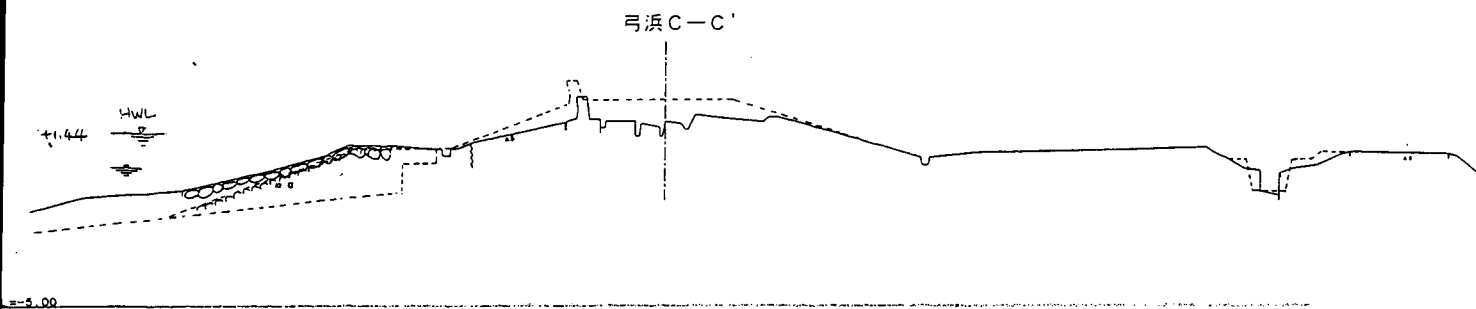
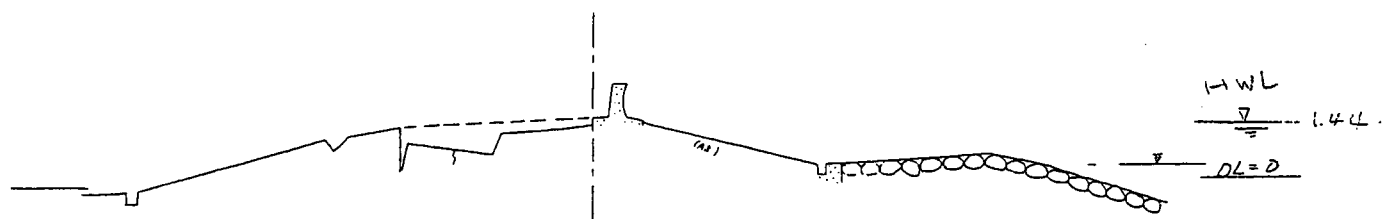


図-7.7 弓浜干拓地における代表的な被害地点における堤体断面図 (その1)



弓浜本堤 No. 15 付近



弓浜本堤 No. 9 付近

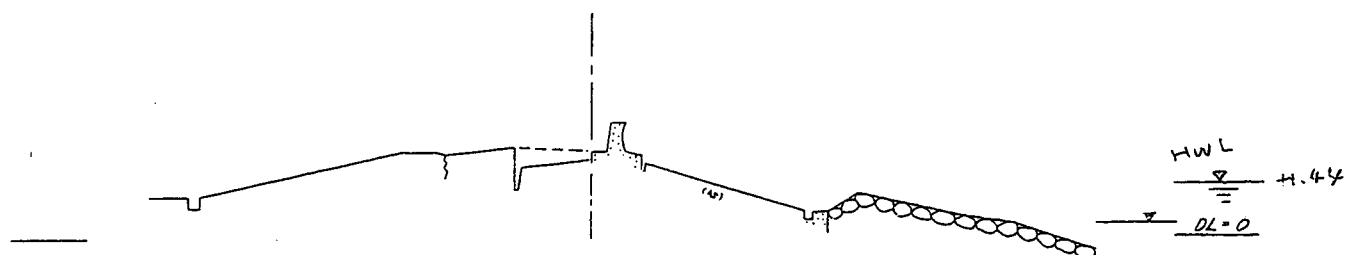


図-7.7 弓浜干拓地における代表的な被害地点における堤体断面図 (その2)

堤防の堤内側法先部には幅約 50cm の水路が設けられていたが、堤体が側方変位することにより中海に面した堤防の被害ランク A 区間のほとんどで損壊した（写真－7・4）。

図－7・6 中に赤丸で示した位置にて行われた既存ボーリング調査を基に作成された堤防縦断方向の地質縦断図を図－7・8 に示す。地表から 4～8m の埋立て土層に続き、沖積砂層が堆積している。被害のあった区間の堤防周辺部には、縦断方向に連続して噴砂等の液状化の痕跡が見られた。

3) 安来干拓堤防

安来干拓地における堤防の被害を図－7・9 に示す。被害ランク A の区間は限られており、全体的に被害の程度は小さい。被害のあった区間での被害タイプは、タイプ 1 または 2 であった。

堤防の代表的な箇所における被災横断面図を図－7・10 に示す。また、図－7・9 中に赤丸で示した位置にて行われた既存ボーリング調査を基に作成された堤防縦断方向の地質縦断図を図－7・11 に示す。既存ボーリング調査が 1 箇所のみであり、縦断方向の地層分布は不明である。

4) 揖屋干拓堤防

揖屋干拓地における堤防の被害を図－7・12 に示す。被害ランク A の区間は限られており、全体的に被害の程度は小さい。被害のあった区間での被害タイプは、タイプ 1 または 2 であった。堤防の代表的な箇所における被災横断面図を図－7・13 に示す。また、図 7・12 中に赤丸で示した位置にて行われた既存ボーリング調査を基に作成された堤防縦断方向の地質縦断図を図－7・14 に示す。他の干拓地と比較して、表層の埋土層厚が約 6～16m とやや大きいのが特徴である。

5) 荒島地区

荒島地区における堤防の被害を図－7・15 に示す。樋門取り付け部における堤防横断クラックが数カ所に見られた。また被害タイプ 6 に分類される大きな堤体沈下が生じた区間があった。

図－7・15 中に赤丸で示した位置にて行われた既存ボーリング調査を基に作成された堤防縦断方向の地質縦断図を図－7・16 に示す。荒島地区は干拓地ではないので埋土層厚は小さく、その下に層厚約 2～12m の沖積砂層が分布している。

7.1.3 宍道湖沿岸堤防

宍道湖沿岸では、西岸の堤防に被害が生じた。図－7・17 に被害地点を示す。主な被害は根固工の沈下、護岸ブロックの沈下、堤防天端クラック、及び堤防天端の沈下であった。被害程度は何れも軽微であった。

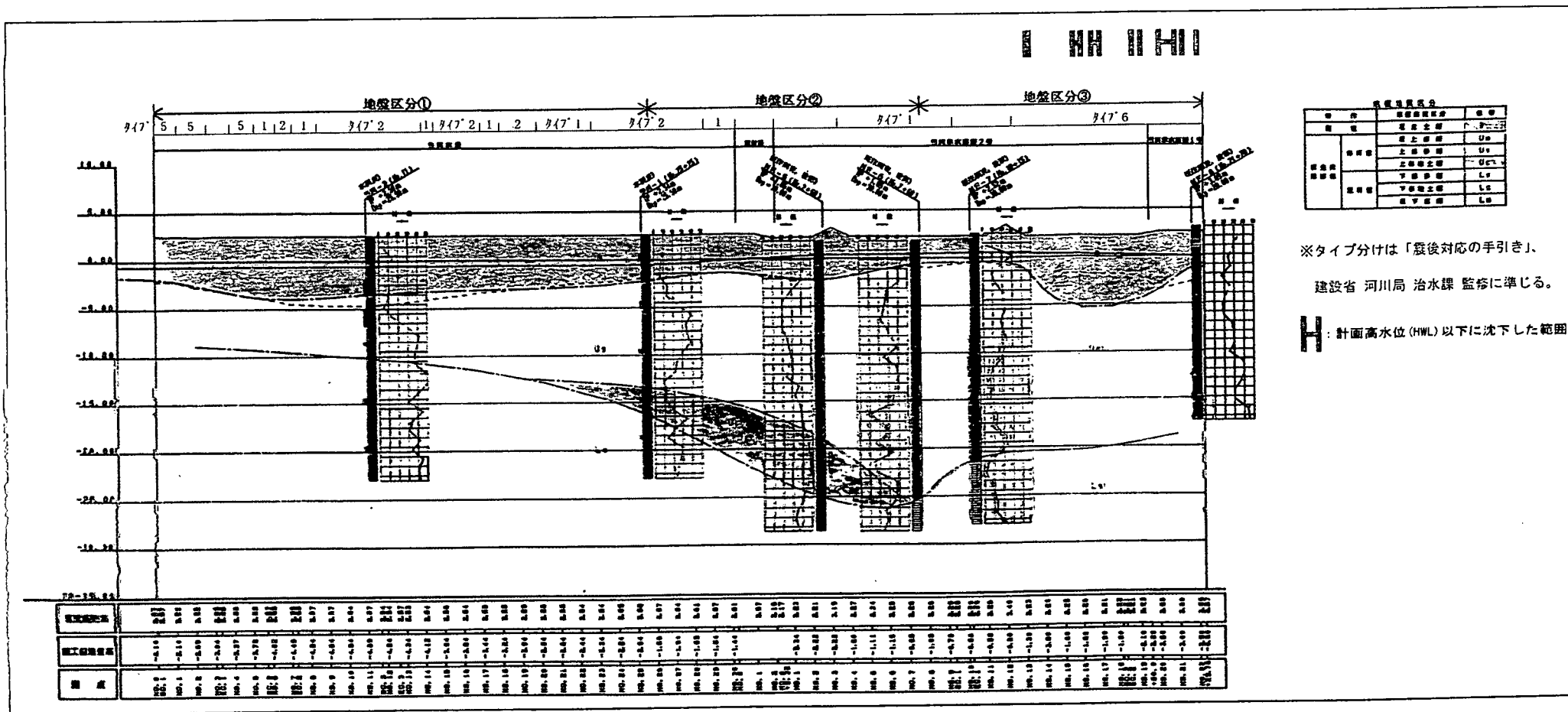
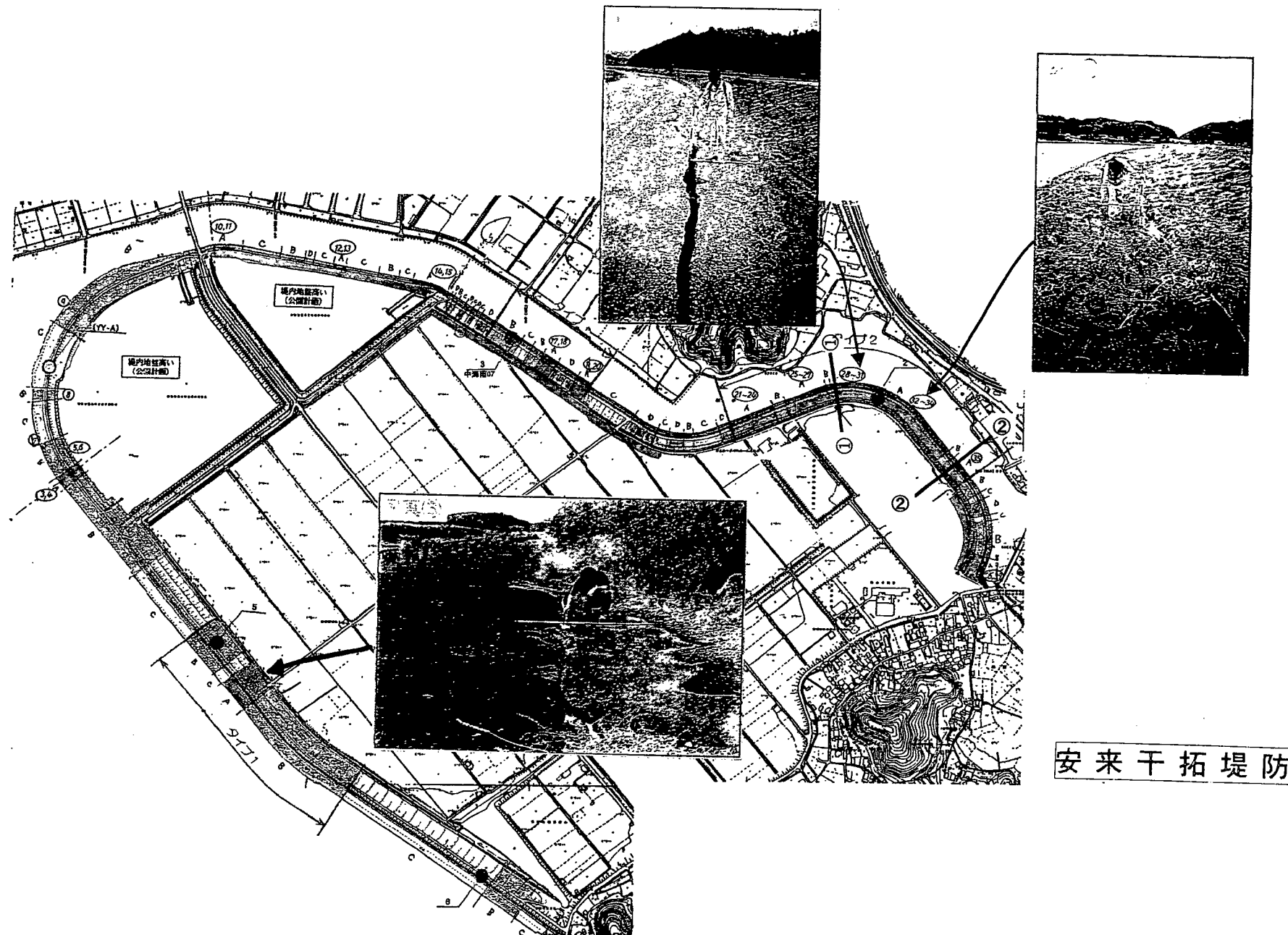


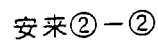
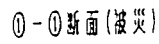
図-7.8 弓浜干拓地における堤防縦断方向の地質断面図



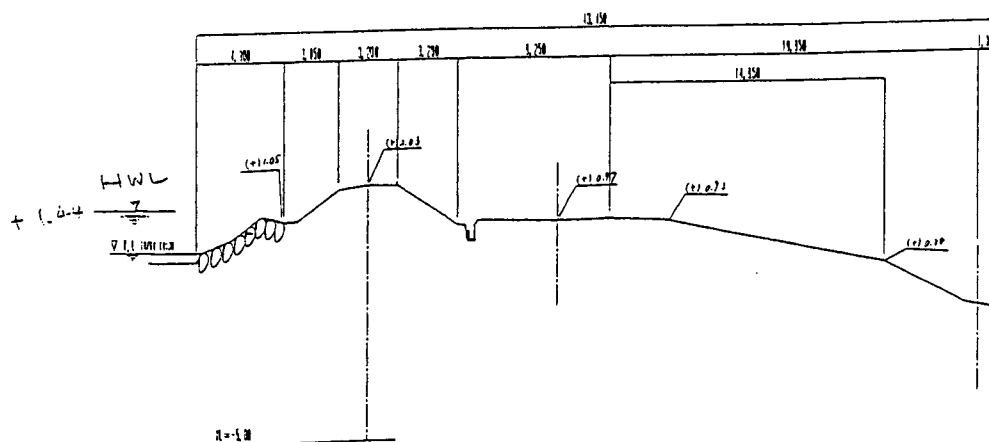
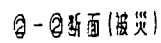
安来干拓堤防

図-7・9 安来干拓地における堤防の被害

①-①断面(台帳)



②-②断面(台帳)



— 87 —

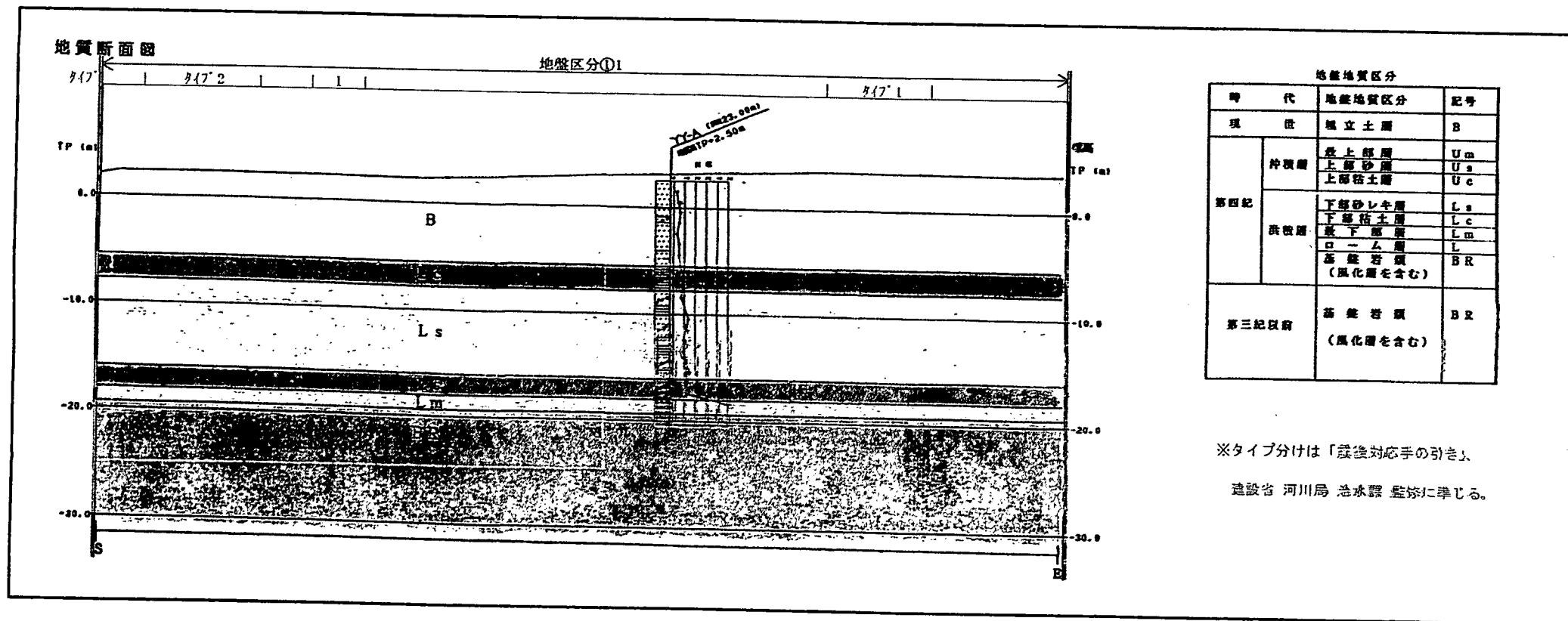


図-7.11 安来干拓地における堤防縦断方向の地質断面図

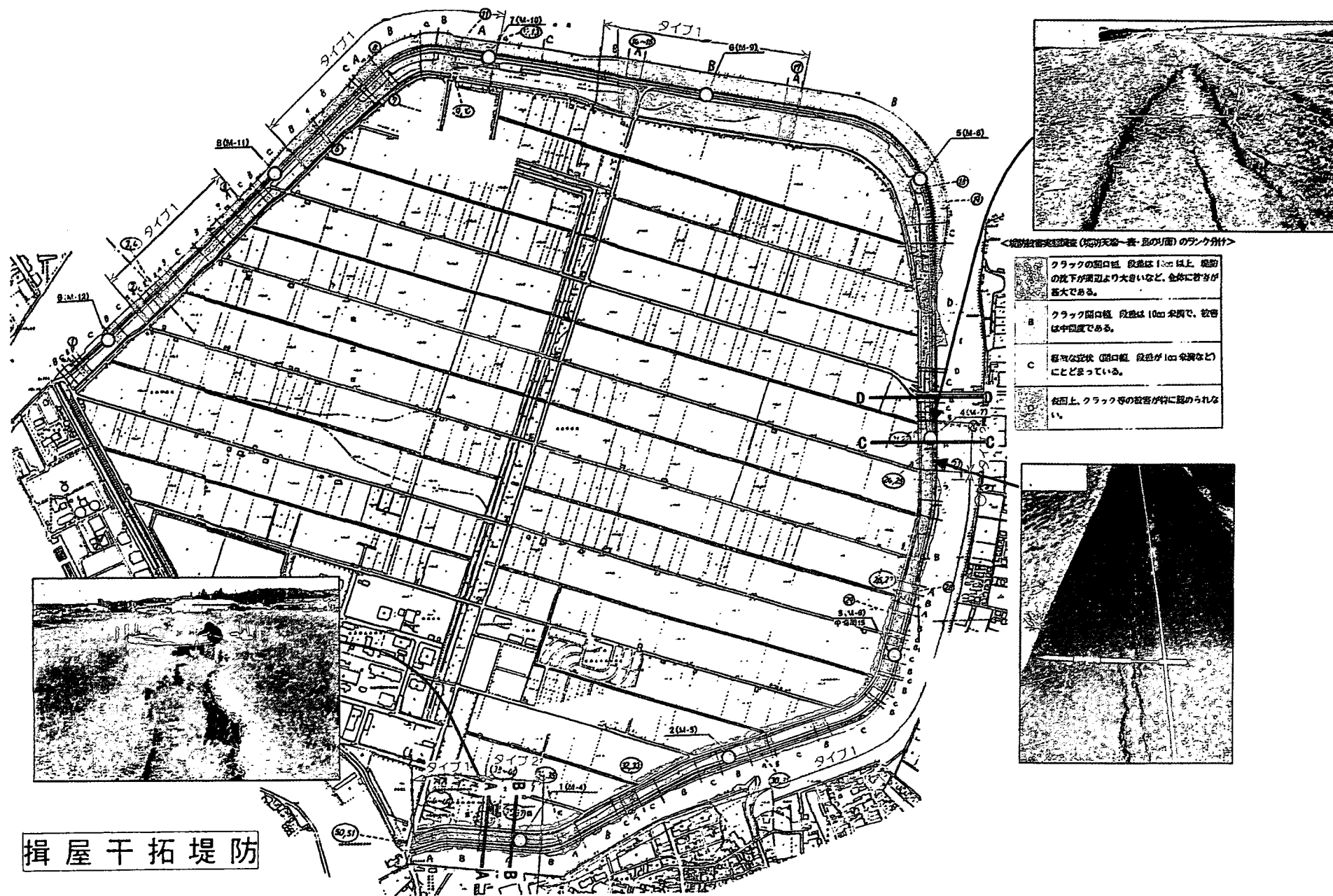


図-7・12 揖屋干拓地における堤防の被害

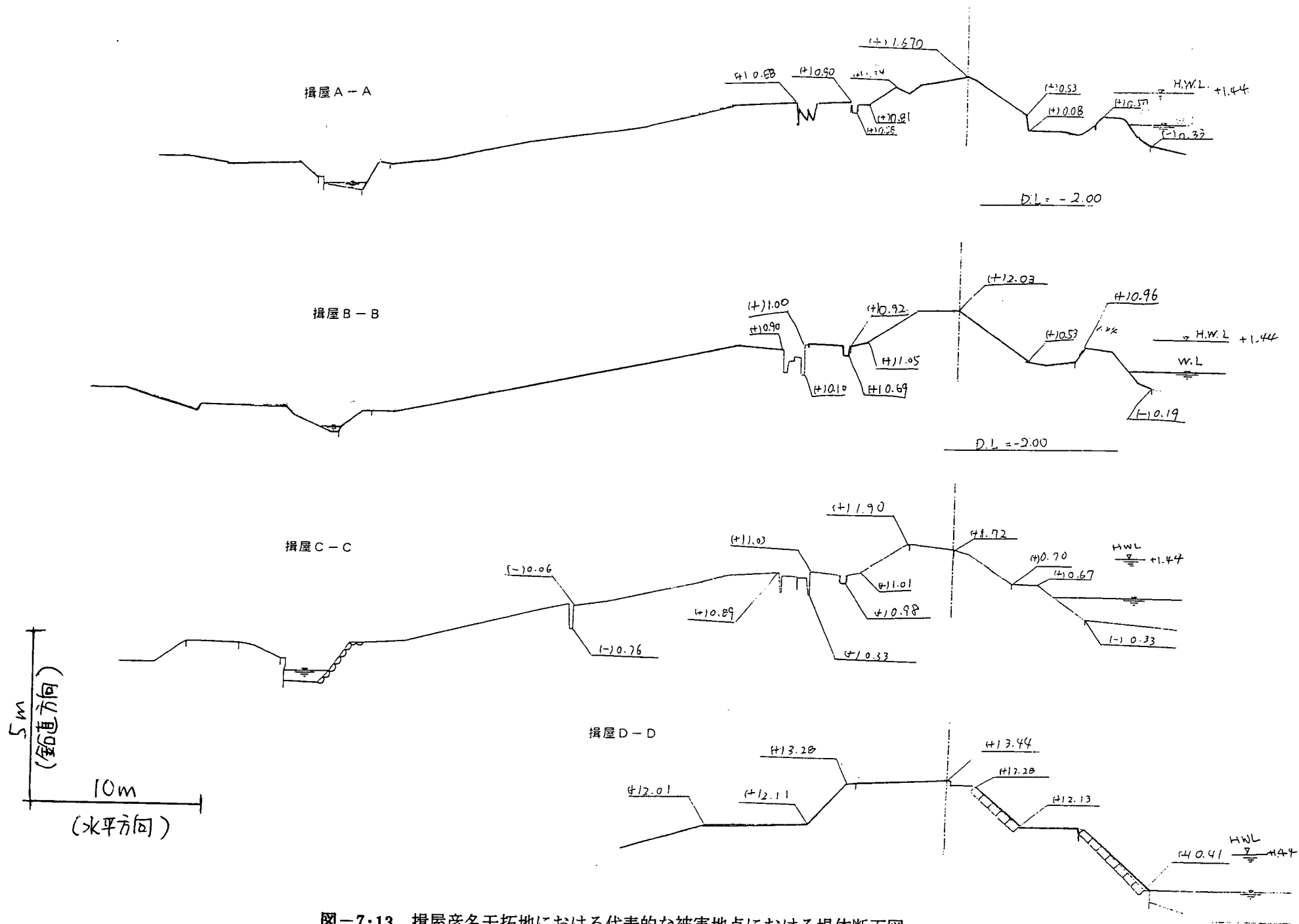


図-7・13 損屋彦名干拓地における代表的な被害地点における堤体断面図

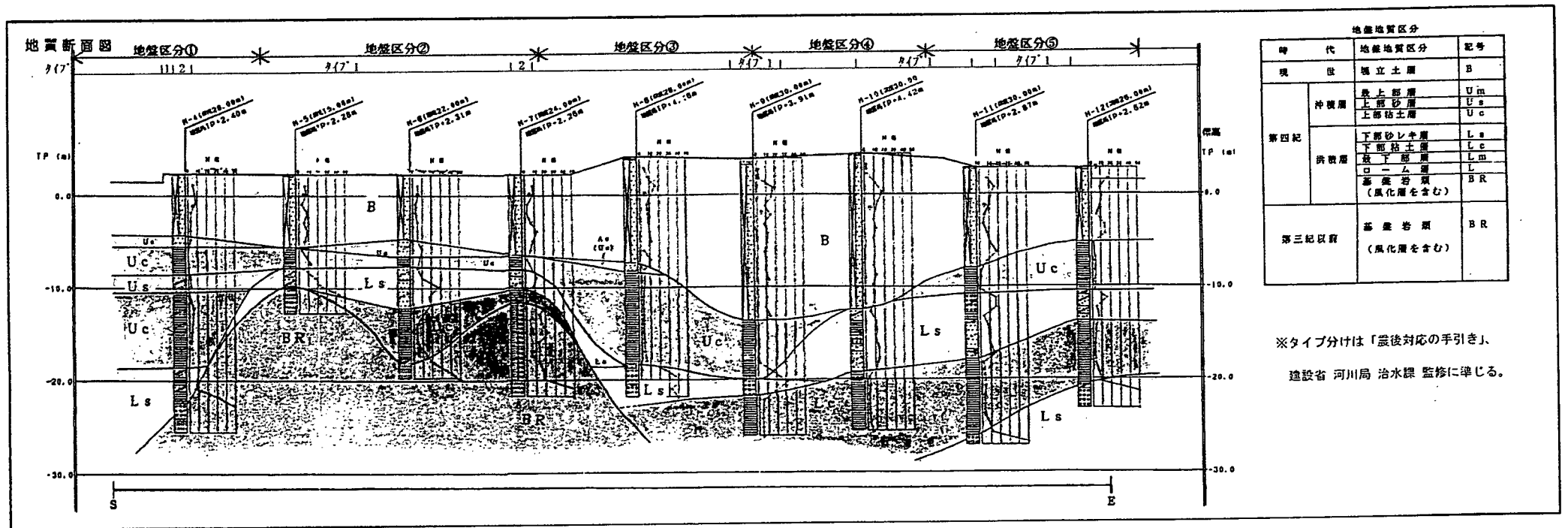


図-7・14 揖屋干拓地における堤防縦断方向の地質断面図

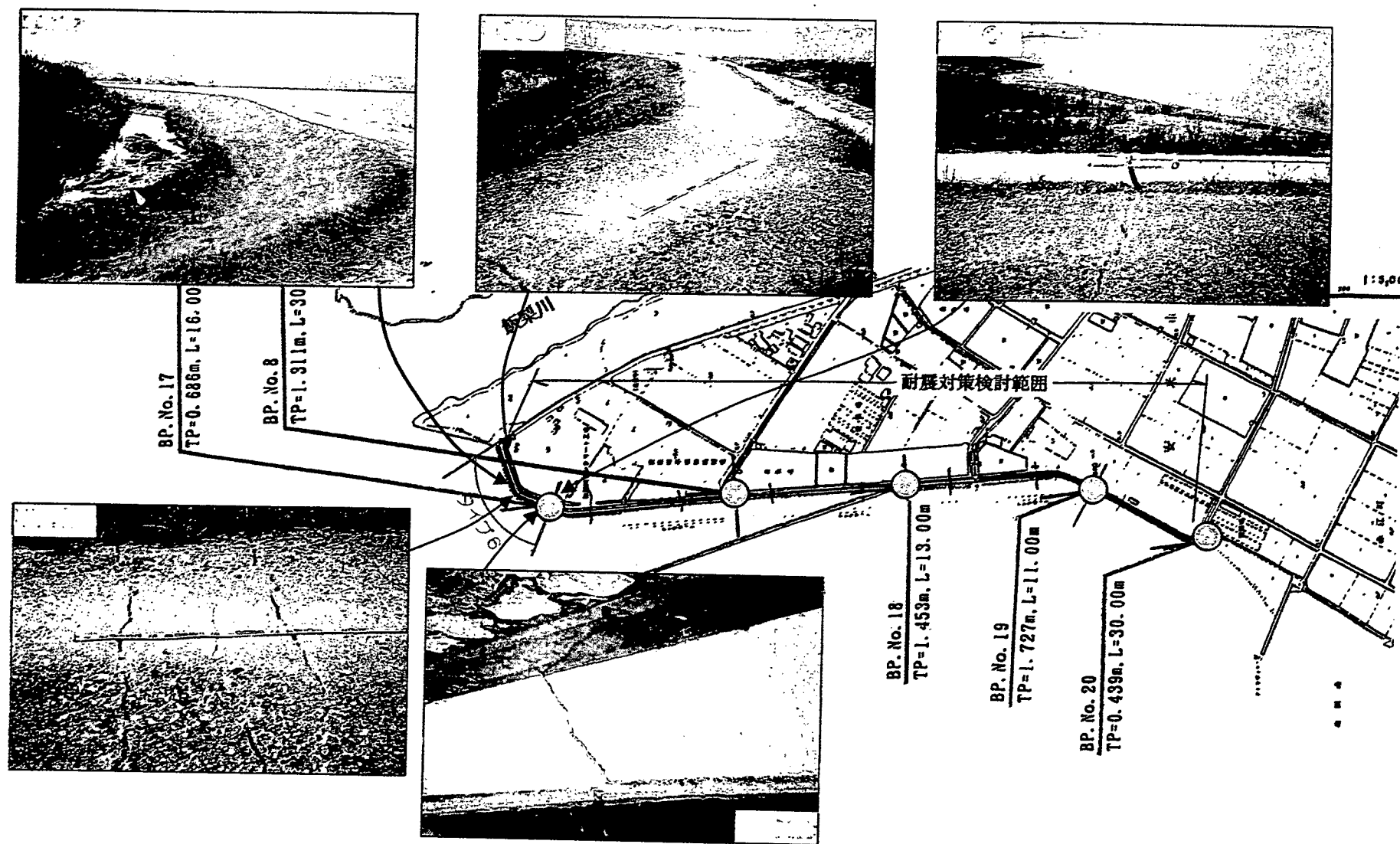


図-7・15 荒島地区における堤防の被害

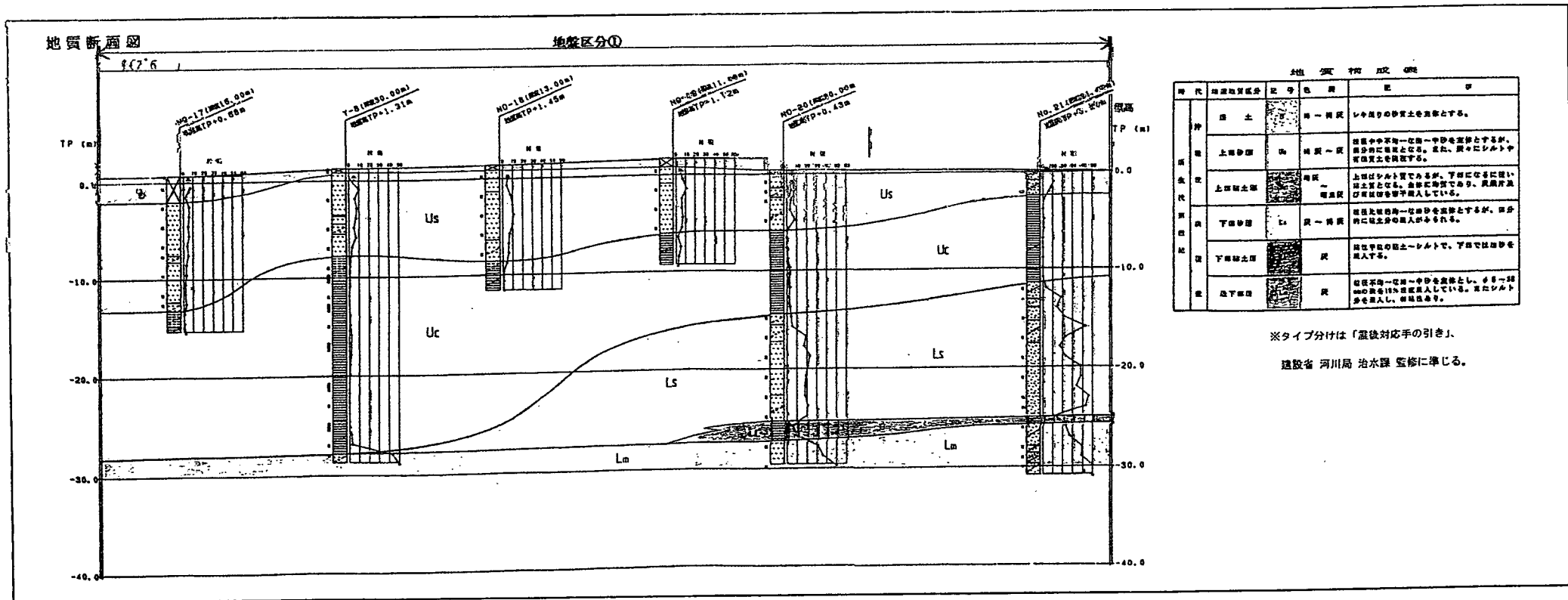


図-7・16 彦名干拓地における縦断方向の地質断面図

7.2 ダム

7.2.1 はじめに

2000年10月6日13時30分に発生した鳥取県西部地震においては、広い範囲で大きな地震動が観測され、ダム施設においては地震発生後直ちにダム管理者による臨時点検が実施された。また、建設省土木研究所ダム部では、震央近くのダム（ため池を含む）の現地調査を行った。ここでは、それらの結果について概要を報告する。

7.2.2 ダムの臨時点検結果

ダム地点に設置した地震計で25gal以上の加速度が観測された場合、もしくはダムが位置する地域の気象庁震度階が4以上の場合には、建設省所管のダムおよび法河川区域内の利水ダムにおいては、ダム管理者が臨時点検を行うことになっている。臨時点検は、地震発生直後に目視によって行う1次点検と、詳細な外観調査および各種計測器の計測値を基とする2次点検からなる。

今回の地震において臨時点検の対象となったダムは中国地建管内119ダム、四国地建管内31ダム、近畿地建管内30ダムの計180ダムである。ダム管理者による臨時点検の結果、安全管理上直ちに問題となるような被害の発生は報告されなかった。ただし、賀祥ダム（鳥取県管理、鳥取県西伯郡西伯町、日野川水系法勝寺川、重力式コンクリートダム、堤高46.4m、1989年完成）、菅沢ダム（建設省管理、鳥取県日野郡日南町菅沢、日野川水系印賀川、本ダム：重力式コンクリートダム、堤高73.5m、鞍部ダム：コンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム、堤高17.0m、1968年完成）において以下のような軽微な変状の報告があった。なお、菅沢ダムの鞍部ダムについては変状の報告はなかった。

①賀祥ダム：予備ゲート室の壁面および基礎に亀裂

右岸側周辺道路の山側法面の崩落

管理棟周辺部の舗装の沈下

②菅沢ダム：予備ゲート室の壁面および床に亀裂

堤体下流面におけるコンクリートの一部剥離（長さ約1m、幅約0.3m）

繫船設備の基礎工の一部破断

ダム下流右岸側の車庫周辺地山に楔形亀裂（長さ約100m）

ダム下流右岸側の車庫上屋の壁面に亀裂

ダム上流左岸法面に楔形亀裂

右岸側地山にある管理庁舎の壁面に亀裂

図-7.18に震央と2つのダムの位置を示す。

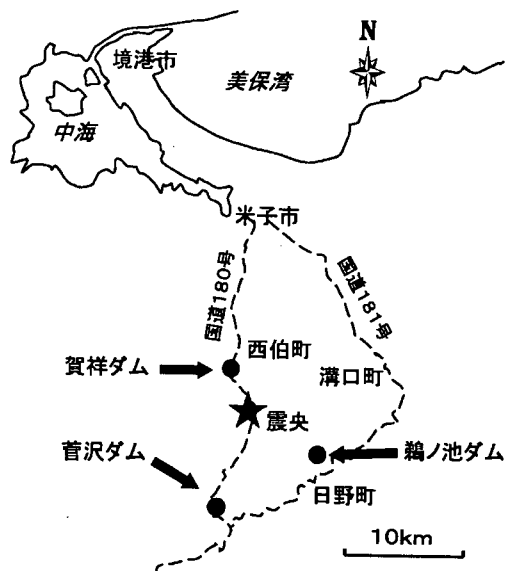


図-7.18 震央とダムの位置

7.2.3 現地調査結果

(a) ダム

土木研究所ダム部が震源近傍のダムの現地調査を行った（賀祥ダム、菅沢ダム：10月8-10日フィルダム研究室長 山口嘉一、ダム構造研究室主任研究員 佐々木隆；賀祥ダム、鵜ノ池ダム：10月23-24日フィルダム研究室主任研究員 岩下友也、同研究員 松浦旬）。以下に、調査結果の概要を記す。

賀祥ダム（写真-7.5）では、本震時にダム底部の監査廊内にて最大加速度 529gal（北/南）、531gal（東/西）、485gal（上/下）、天端標高のエレベーター棟（写真-7.6）内にて最大加速度 2051gal（北/南）、1406gal（東/西）、884gal（上/下）を記録している。ダムの下流方向は、北から東へ 20 度である。本ダムでは、天端から上流側に張り出し構造となっている予備ゲート室の壁面（写真-7.7）および基礎に亀裂が発生した。しかし、基礎排水量、堤体漏水量、変位の計測値も安定しており、ダムの安全性に問題はないと考えられる。なお、地震直後急激に貯水位計測値が約 6cm 低下したが、その後は安定している。

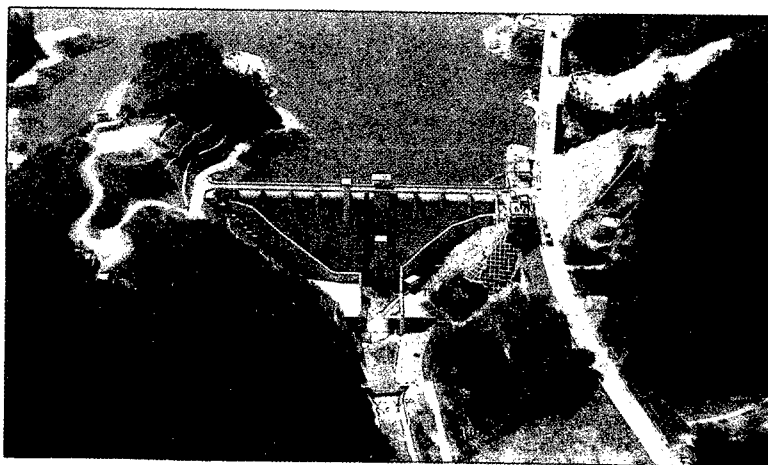


写真-7.5 賀祥ダムの全景

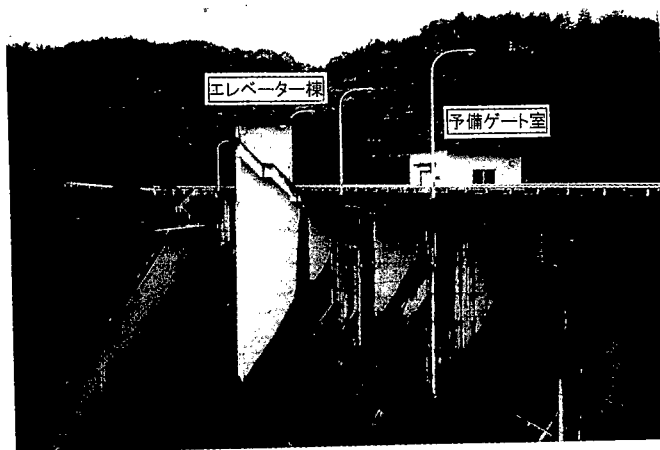


写真-7.6 エレベーター棟と予備ゲート室（賀祥ダム）

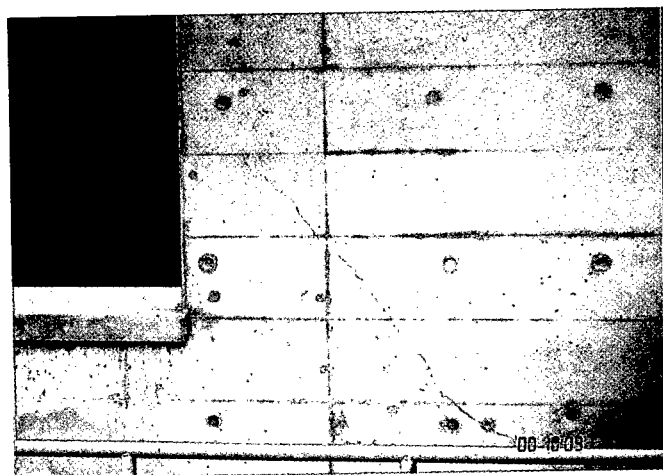
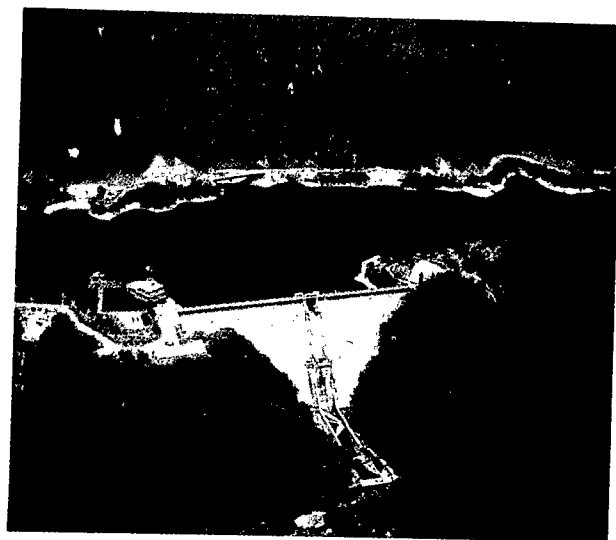


写真-7.7 予備ゲート室の壁面亀裂の一例（賀祥ダム、右岸側壁面）

菅沢ダム（写真－7・8）では、ダム底部監査廊内で最大加速度 158gal（下流/上流）、126gal（右岸/左岸）、109gal（上/下）を記録した。天端から上流側に張り出し構造となっている予備ゲート室（写真－7・9）の壁面および床に、ダムの横継目のほぼ延長線上に一致する亀裂が生じ（写真－7・10）、ダム下流面のコンクリートが一部剥離したが（写真－7・11）、ダム本体に変状は見られなかった。地震直後、基礎排水量は若干増加したものの、その後安定している。ダム近傍、貯水池周辺の地山には地盤変形に伴う亀裂が認められており（写真－7・12）、中国地建により監視が行われ、また対策の検討がなされている。



写真－7・8 菅沢ダムの全景



写真－7・9 堤体上流面と予備ゲート室（菅沢ダム）

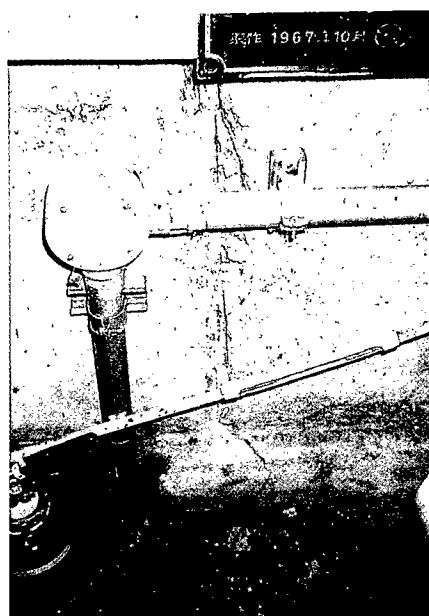


写真-7・10 予備ゲート室の壁面亀裂（菅沢ダム、下流側・内側壁面）

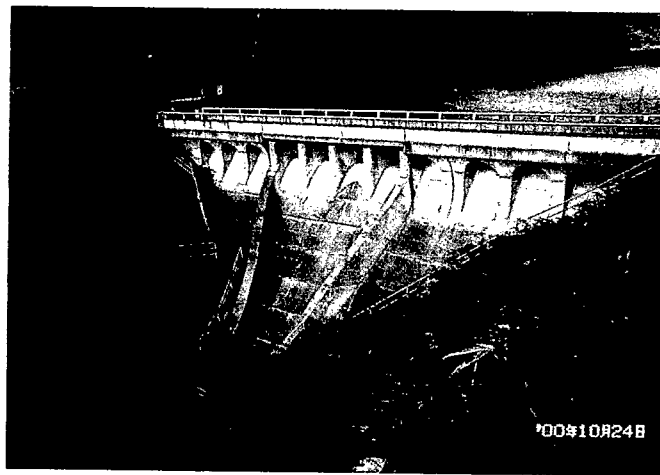


写真-7・11 下流面コンクリートの一部剥離（菅沢ダム）

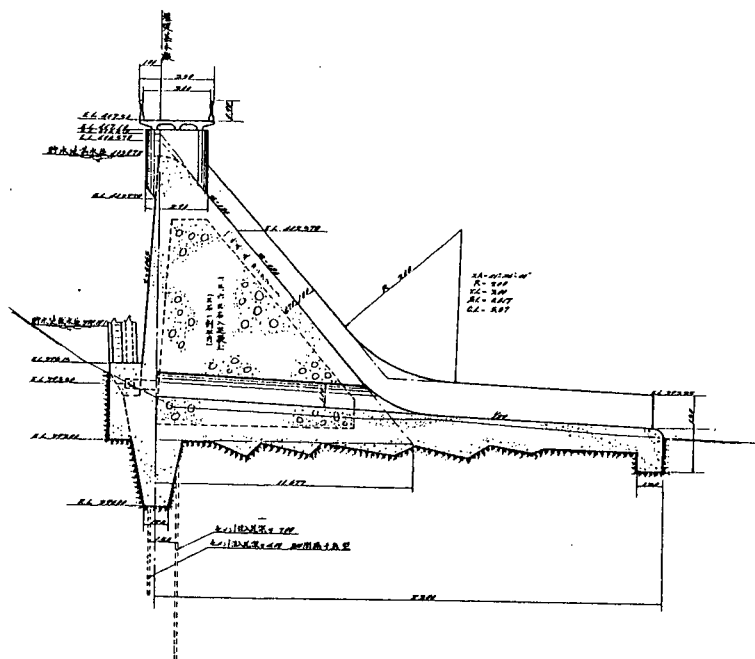


写真-7・12 ダム近傍地山の亀裂の一例（菅沢ダム、下流右岸の車庫付近）

鵜ノ池ダム（写真－7・13）は、菅沢ダムの上流にある大宮ダム（中国電力（株）により建設された発電用ダム）の調整池である。当ダムは、堤高約 14m、堤頂長 34m の重力式コンクリートダムである。標準断面を図－7・19 に示す。建設省国土地理院が解析した断層モデル¹⁾（以下、震源断層と呼ぶ）から約 1km に位置する。調査時の水位は満水位から約 2m 下であり、比較的高水位であった。ダムから 20m ほど離れた右岸側湖畔には、科学技術庁防災科学技術研究所が設置した基盤強震観測網（KiK-net）²⁾ の日野観測点がある。この地点は地表（S 波速度 210m/s）と地中（地下 100m の岩盤、S 波速度 790m/s）に地震計が設置されており、それぞれ、最大加速度（3 成分合成）1135gal（計測震度 6.6）、607gal の地震動を観測した。このような強震動を受けたが、ダム本体では、下流法尻付近の非常用洪水吐きの減勢工導流壁に幅 1-2cm の折損亀裂が生じていたのみであった（写真－7・14、 7・15）。湖畔の盛土堤では、貯水池へのすべりに伴う小規模な亀裂が生じていた。また、発電用の送水系統の損傷のため、地震後、大宮ダムから鵜ノ池への送水を停止し、菅沢ダム貯水池に放流している。



写真－7・13 鵜ノ池ダムの下流面全景



図－7・19 鵜ノ池ダムの標準断面

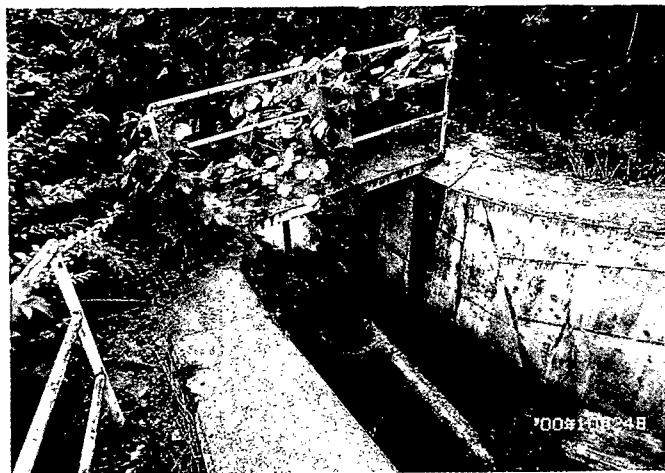


写真-7・14 非常用洪水吐きの減勢工導流壁の折損亀裂（鵜ノ池ダム）



写真-7・15 非常用洪水吐きの減勢工導流壁の折損亀裂（鵜ノ池ダム）

(b) ため池

河川区域外の農業用ため池（小規模アースダム）では、鳥取県内では 40 のため池で今回の地震による被災が報告された。その大多数の 36 ため池が、震源に近い西伯郡西伯町、日野郡日野町・溝口町に位置していた。また、被害ため池の半数は、斜樋、底樋および余水吐きの付属構造物の破損であった。

土木研究所ダム部（調査員：フィルダム研究室主任研究員 岩下友也、同研究員 松浦旬）では、10 月 23 日から 25 日にかけて、比較的被害の大きいと推定されたため池や震源断層の極近傍に位置した 18 ため池の現地調査を行った。調査 18 ため池の位置を図-7-20 に、諸元や被災概要を表-7-1 に示す。堤体に被害が生じたため池についてもそのほとんどは、天端の縦亀裂や上流法面の張りブロックの沈下変状程度であった。その中でため池の貯水機能の安全性に関わる構造的な被災により、水位を低下させたため池が 3 つあった。以下に、その 3 ため池（金屋谷ため池、椿谷池、絹さこ池）と震源断層域に位置していた第一鎌倉ため池の調査結果を記す。

溝口町の金屋谷ため池（堤高約 4.5m、天端幅 2.2m）は、震源断層から約 14km の平地に位置する。池の 3 方を土堤で囲んだため池である。堤体材料はまさ土である。堤体の上流側へのすべりにより、天端のほぼ全長にわたり上流法肩寄りに縦亀裂が生じ、上流法面の張りブロックが大きく貯水池側に腹み出しており、一部では、長さ 7m にわたり張りブロックが崩壊していた（写真-7-16）。

西伯町の椿谷池（堤高 15.2m、堤頂長 76.2m、天端幅 5.8m）は、明治 19 年に完成したため池であり、その後数度にわたり改修されてきた。法面勾配は上流 1:2.6、下流 1:2.1 である。震源断層から数 100m の山間の谷部に位置する。地震時には、貯水位は堤高のおよそ 2/3 程度であった。地震により、天端の左岸端から中央部にかけて、天端の中央と上流法肩寄りに長さ約 40m の 2 条の縦亀裂が生じた（図-7-21）。その亀裂の開口幅は最大 40cm 程度、上流側への段差は約 10~15cm であった（写真-7-17）。

西伯町の絹さこ池（堤高約 20m、堤頂長 65m、天端幅 4m）は、池を管理している水利組合の農家からの聴取によると明治の後半から大正時代に完成したため池である。震源断層から数 100m の山間の谷部に位置する。地震時には、貯水位はほぼ満水位であった。地震以前から下流法尻付近に浸出跡があり、下流の浸潤線が高かったことが推測できる。地震により、左右岸の両アバットメント付近の堤体上流面に横亀裂（右岸：長さ 5.5m、幅 20cm、左岸：長さ 10m）が生じていた（左岸の横亀裂：写真-7-18、右岸の横亀裂：写真-7-19）。左岸の亀裂は、地震時の水位より下に達していた。しかし、この 2 条の亀裂は、天端表面や下流法面には達していなかった。

日野町の第一鎌倉ため池（堤高約 3m、堤頂長約 100m、天端幅 4.6m）は、震源断層から数 100m の山間の谷部に位置する。調査時には、貯水はほぼ空虚であった。地震により、左岸のアバットメントと堤体盛土との境界で堤体が 15cm 程度沈下し、天端に幅 5cm の横亀裂が生じた（写真-7-20）。この横亀裂は、上下流法面に連続しているが、水位が亀裂深より低かったため貯水が浸透することはないと思われる。

以上報告したため池以外にも震源断層の極近傍に位置していたため池も数個あったが、大きな被害は生じていなかった。1995 年兵庫県南部地震時のため池の被害³⁾と比較すると、今回の地震による被害規模は小さかった。その理由として、基礎地盤が良好であったことなどが考えられる。今回の震源断層に近いため池は、山間部や丘陵地にあるものが多く、兵庫県南部地震時に多数のため池が被災した淡路島や加古川流域のよう

に沖積地盤上に築造されたため池は総じて少なかった。

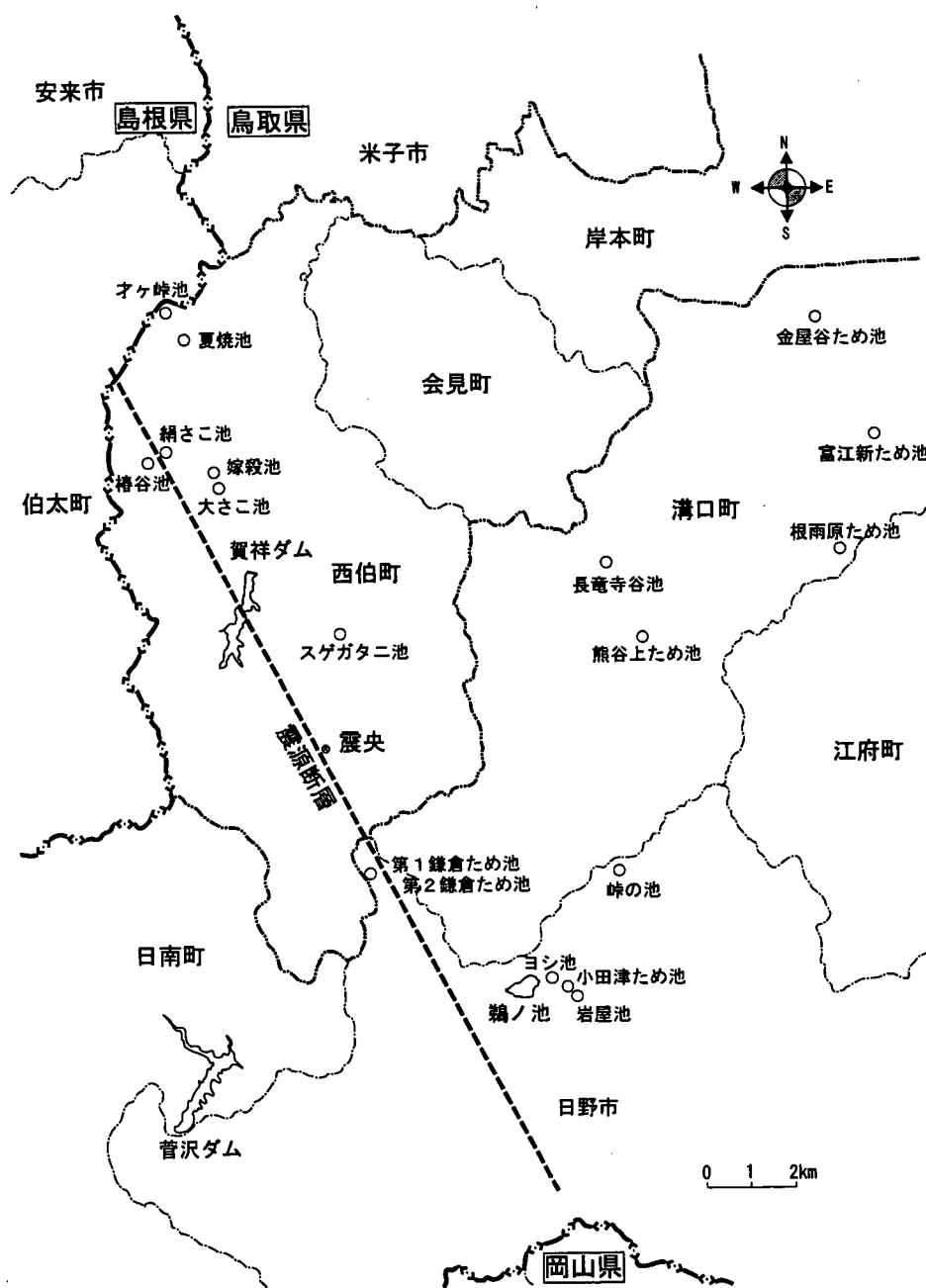


図-7・20 調査ため池の位置

表-7.1 調査ため池の諸元および被災概要

* ①	ため池名	所在地	推定断層距離	基盤地質	地形	堤高 (m)	堤頂長 (m)	天端 幅 (m)	上流法 面勾配	下流法 面勾配	堤体材 料	ダム軸右 岸方向の	築造年	被害状況
①	絹さこ池	西伯町	0.2	中新世 火山岩類 V2r	山間地	15	65	4	1:2.4	1:2.4	赤土	N66° W	明治末～ 大正時代	左右岸のアバットメント寄りの上流法面に横亀裂
②	椿谷池	西伯町	0.3	沖積層 a 及び中新世 火山岩類 V2r,V2d	山間地	15.2	76.2	5.8	1:2.6	1:2.1		N86° E	明治19年	天端の中央と上流法肩寄りに縦亀裂2条
3	夏焼池	西伯町	1.7	沖積層 a	丘陵		50	4	1:1.7	1:2.1	赤土	S88° W		上流法面コンクリート張りブロックの沈下10cm, 下流側腹み出しにより法尻の擁壁の上部コンクリートブロックのせり出し
4	オヶ峠池	西伯町	1.7	中新世 火山岩類 V2r	山間地	4.5		2.8	1:1.6	1:2.0	まさ土	N66° W		天端の上流法肩寄りに長さ16mの縦亀
5	スゲガタニ池	西伯町	0.9	中生代末期 進入岩類Ⅱ G6	丘陵	6	21	2.5	1:2.0			S26° E		左岸アバットメントと堤体法尻の境界から漏水(地震によりものかは不明)
6	嫁殺池	西伯町	0.9	中生代末期 進入岩類Ⅱ G4	丘陵	18	65		1:1.2	1:2.0		N85° E	大正15年	地震による変状は確認できなかった
7	大さこ池	西伯町	0.8	中生代末期 進入岩類Ⅱ G4	山間地									貯水池湖岸道路のすべり7m長
⑧	第1鎌倉ため池	日野町	0.4	沖積層 a 及び中生代末期 進入岩類Ⅱ G7	山間地	3	100	4.6	1:1.7			N0°		堤体左岸天端15cm沈下による地山との境界に横亀裂, 斜樋の折損
9	第2鎌倉ため池	日野町	0.4	中生代末期 進入岩類Ⅱ G7	山間地	4	50	2.5	1:1.7			N18° W		地震による変状は確認できなかった
10	小田津ため池	日野町	2.3	洪積世 崖錐堆積層 ta	山間地			4		1:1.2		S52° W		余水吐の導流壁コンクリートの亀裂
11	ヨシ池	日野町	2.1	洪積世 崖錐堆積層 ta	山間地							S20° E		天端の上流法肩寄りに長さ15mの縦亀
12	峠の池	日野町	4.6	中生代末期 進入岩類Ⅱ G7	山間地		55	3	1:1.7	1:1.5		N75° E		天端の上流法肩寄りに長さ3mの縦亀裂, 斜樋の階段に亀裂
13	岩屋池	日野町	2.4	洪積世 崖錐堆積層 ta, 及び中生代末期 進入岩類Ⅱ G7	山間地		40	3.5	1:2.2			S88° W		余水吐の導流壁コンクリートの亀裂, 湖岸道路アスファルトに亀裂
⑭	金屋谷ため池	溝口町	14.1	洪積世 大山火山岩類 V4d	平地	4	40×50×40	2.2	1:1.6	1:1.4	まさ土	N8° E		堤体の貯水池側へのすべりにともなう天端全長の縦亀裂・コンクリート張りブロックの破壊・上流法面の腹み出し, 斜樋の折損
15	熊谷上ため池	溝口町	7.4	中生代末期 進入岩類Ⅱ G4	丘陵	11	55	3	1:1.7	1:2.1		N12° E		貯水池地山のすべり8m長
16	根雨原ため池	溝口町	12.3	沖積層 a 及び中生代末期 進入岩類Ⅰ G1	丘陵		65	3	侵食によりほぼ垂	1:1.6		N10° W		天端の上流法肩寄りに縦亀裂
17	長竜寺谷池	溝口町	7.6	中生代末期 進入岩類Ⅱ G7	山間地	8	18	3.5	1:1.7	1:1.6		S45° W		天端の上流法肩寄りに縦亀裂2条, 下流法肩寄りに縦亀裂1条, 上流法面コンクリート張りブロックの沈下4cm
18	富江新ため池	溝口町	14	洪積世 大山火山岩類 V4d	丘陵	4	40	3.5		1:1.4		N8° W		余水吐き導流壁と堤体に3cmの開きがあり, 下流法尻から漏水(地震によるものかは不明)

*) ○印のついた番号のため池は, 本文中に詳細記述している

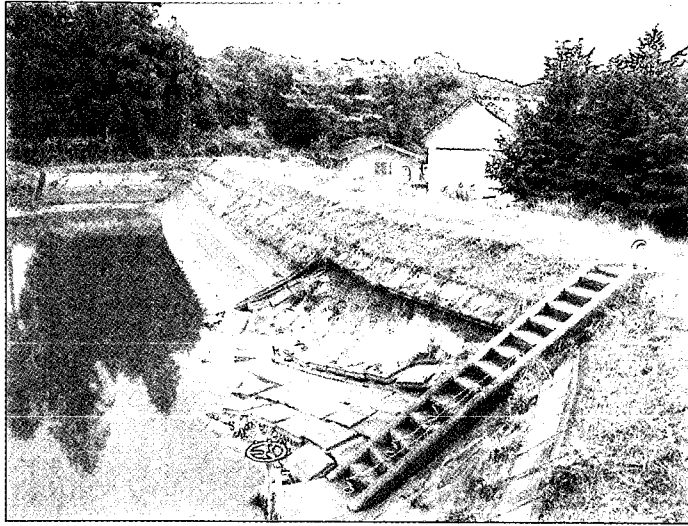


写真-7.16 金屋谷ため池（溝口町）の被災状況

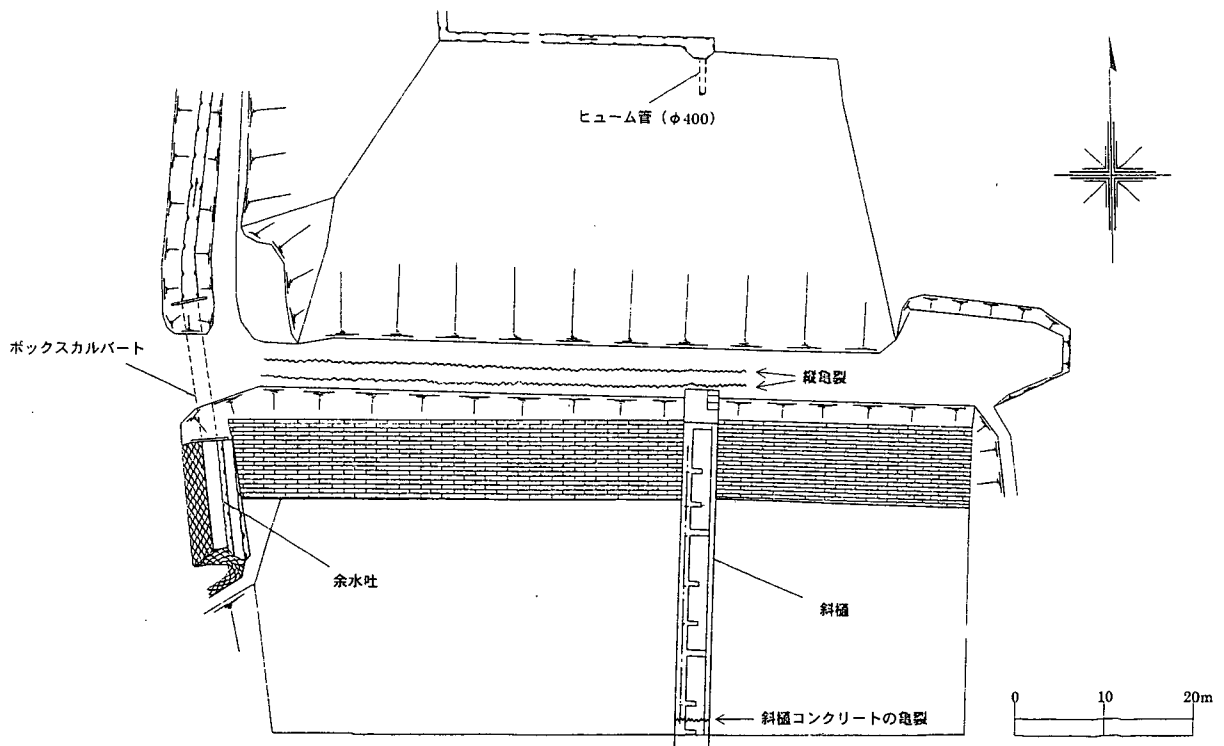


図-7.21 椿谷池（西伯町）の平面図と天端の縦亀裂状況



写真-7・17 椿谷池（西伯町）の天端の縦亀裂

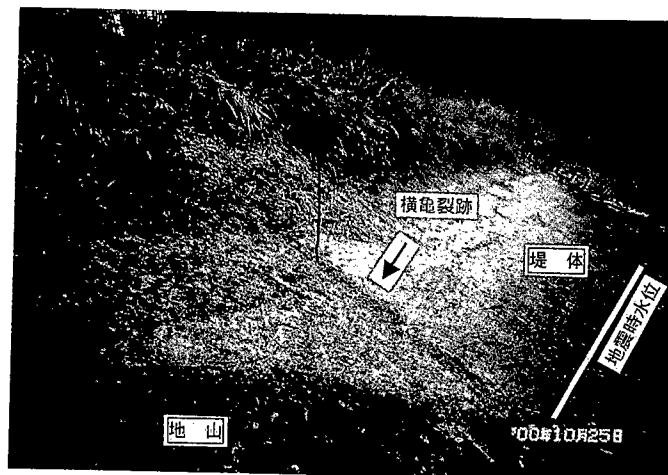


写真-7・18 絹さこ池（西伯町）の左岸寄り上流面の横亀裂（地震後に亀裂を埋めた）



写真-7・19 絹さこ池（西伯町）の右岸寄り上流面の横亀裂

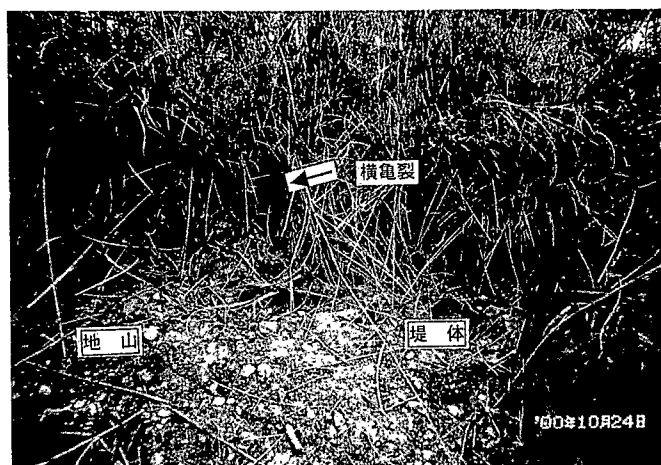


写真-7・20 第一鎌倉ため池（日野町）の上流法面にまで達した横亀裂

7.2.4 地震加速度について

(a) 最大加速度の距離減衰

図-7.22 にダム基礎（コンクリートダムでは底部監査廊、フィルダムでは底設監査廊）で観測された最大水平加速度の震源断層からの距離減衰を示す。最大水平加速度は、水平 2 成分の最大加速度のうち大きい方を図示した。ただし、水平成分の合成した最大値がわかるダムについては、それを図示した。ここに、加速度は計器補正前の暫定的な値を含んでいる。また、同図には、科学技術庁防災科学技術研究所の基盤強震観測網（KiK-net）²⁾ で、震源近傍の観測点である日野観測点と伯太観測点の地下およそ 100m の岩盤で観測された水平方向の合成最大加速度を併記した。この 2 観測点の地中観測地点は、S 波速度がそれぞれ 790m/s、2800m/s と、型式や規模にもよるがダム基礎岩盤となりうる程度に堅硬な岩盤である。

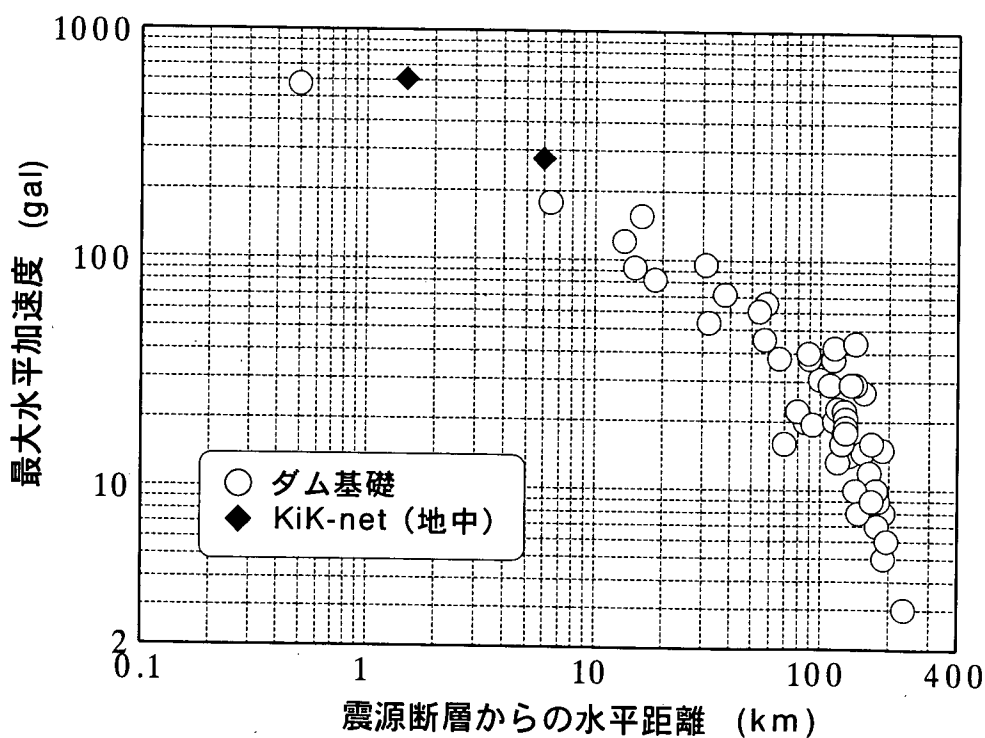


図-7.22 ダム基礎（コンクリートダムでは底部監査廊、フィルダムでは底設監査廊）で観測された最大水平加速度の震源断層からの距離減衰

(b) 賀祥ダムの記録について

賀祥ダムの地震計の設置位置を図-7.23 に、賀祥ダムで計測された加速度の時刻歴を図-7.24 に、監査廊での記録の加速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を図-7.25 に示す。図-7.25 からわかるように応答が大きかった東／西成分では 0.1 秒以下の周期の応答スペクトルが卓越している。なお、波形データは、鳥取県から提供していただいた。

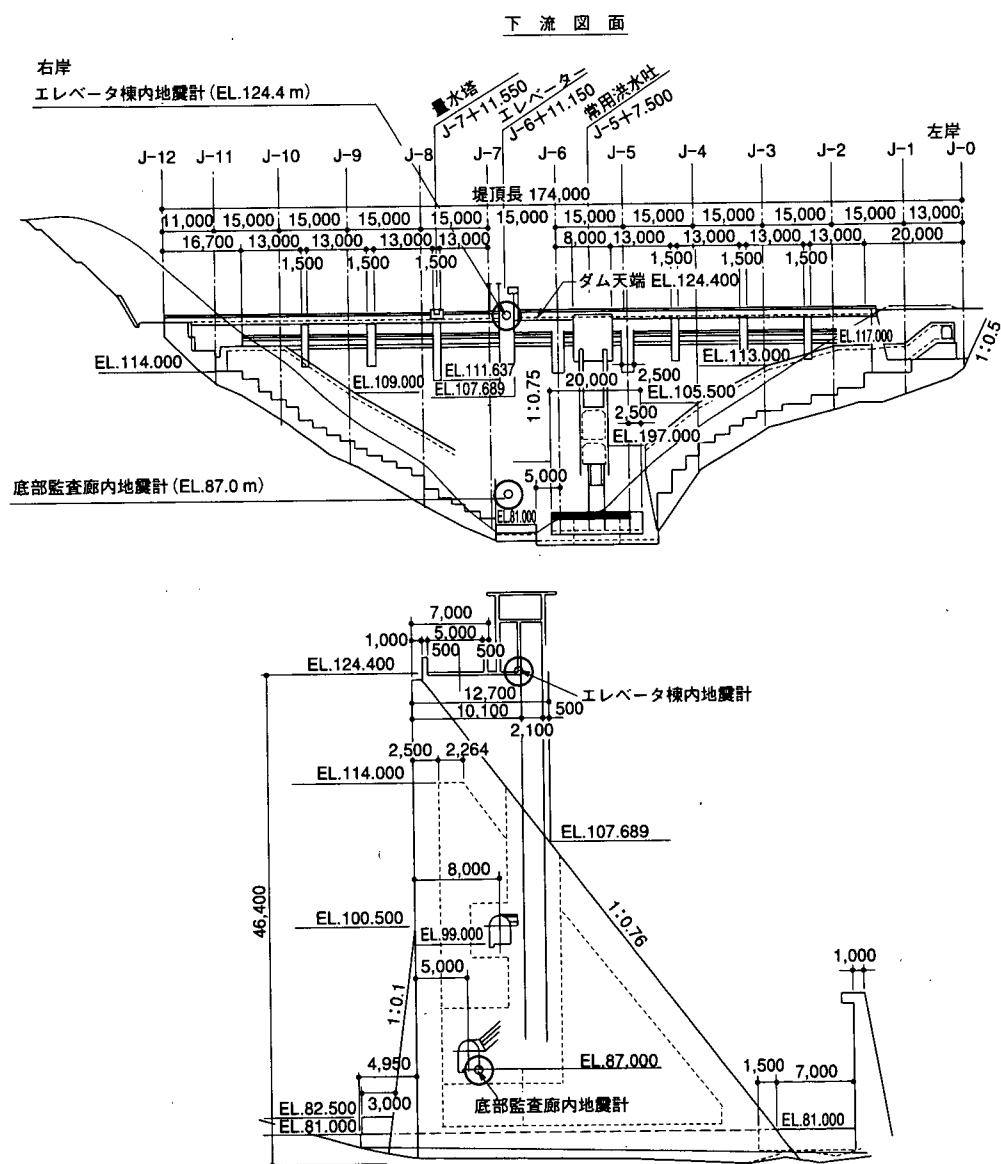
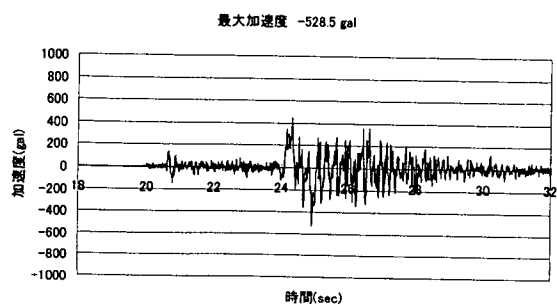
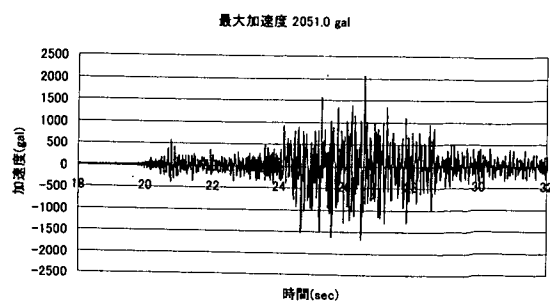


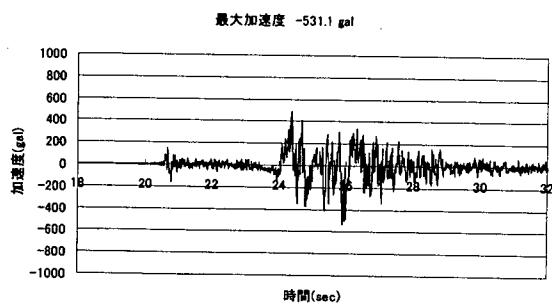
図-7.23 地震計の設置位置（賀祥ダム）



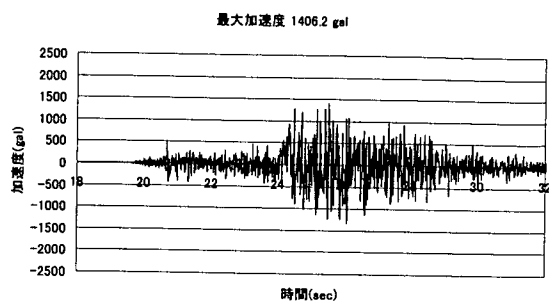
(a) 北/南



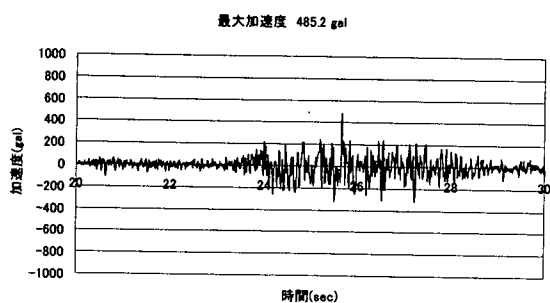
(a) 北/南



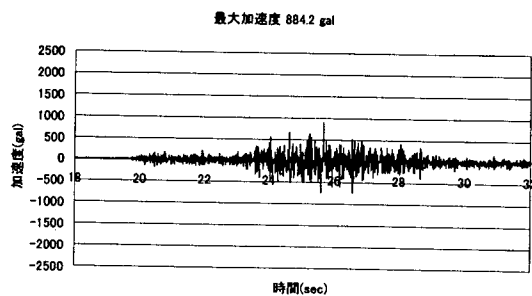
(b) 東/西



(b) 東/西



(c) 上/下



(c) 上/下

(1) 底部監査廊の記録

(2) 天端標高のエレベーター棟の記録

図-7.24 賀祥ダムの地震記録

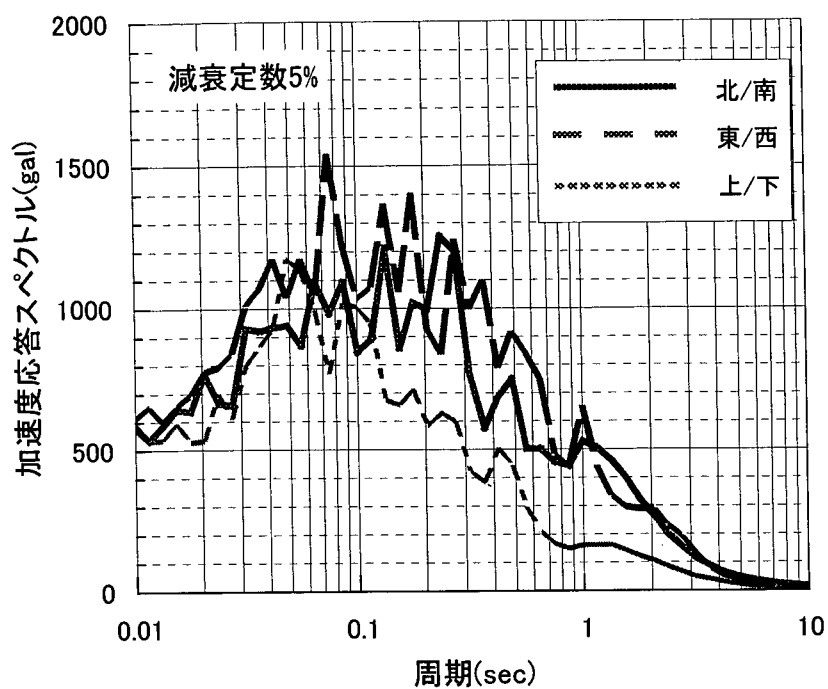


図-7.25 底部監査廊記録の加速度応答スペクトル

(c) 菅沢ダムの記録について

菅沢ダムの地震計の設置位置を図-7・26 に、菅沢ダムの底部監査廊で計測された加速度の時刻歴を図-7・27 に、また加速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を図-7・28 に示す。図-7・28 からわかるように、応答が大きかった下流／上流成分では 0.1 秒以下の周期の応答スペクトルが卓越している。

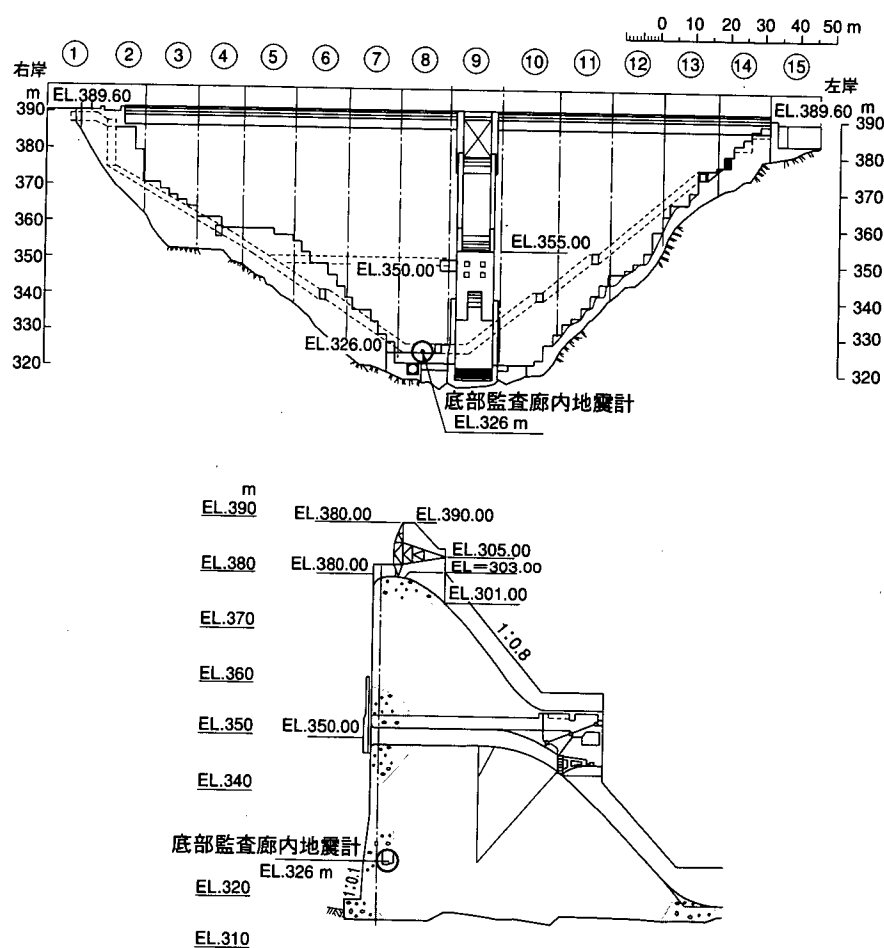
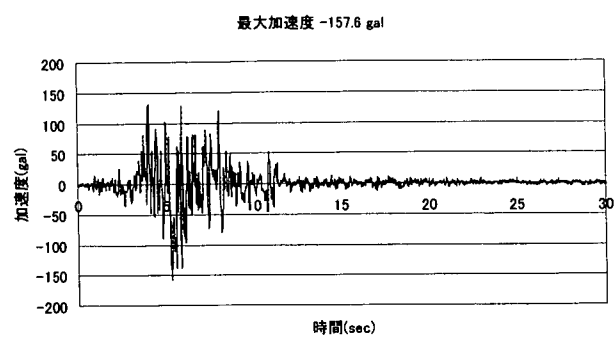
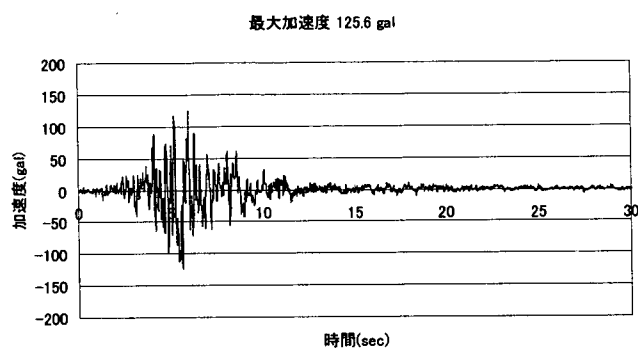


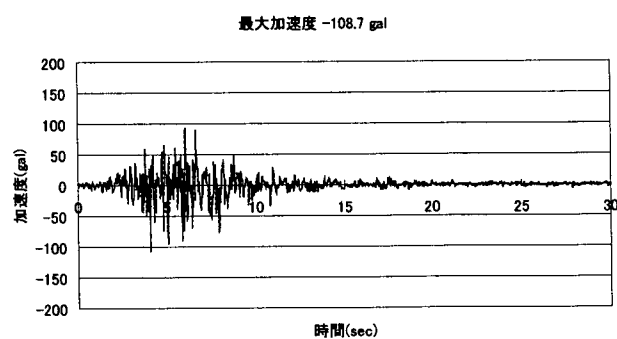
図-7・26 地震計の設置位置（菅沢ダム）



(a) 下流/上流



(b) 右岸/左岸



(c) 上/下

図-7・27 菅沢ダム地震記録(底部監査廊の記録)

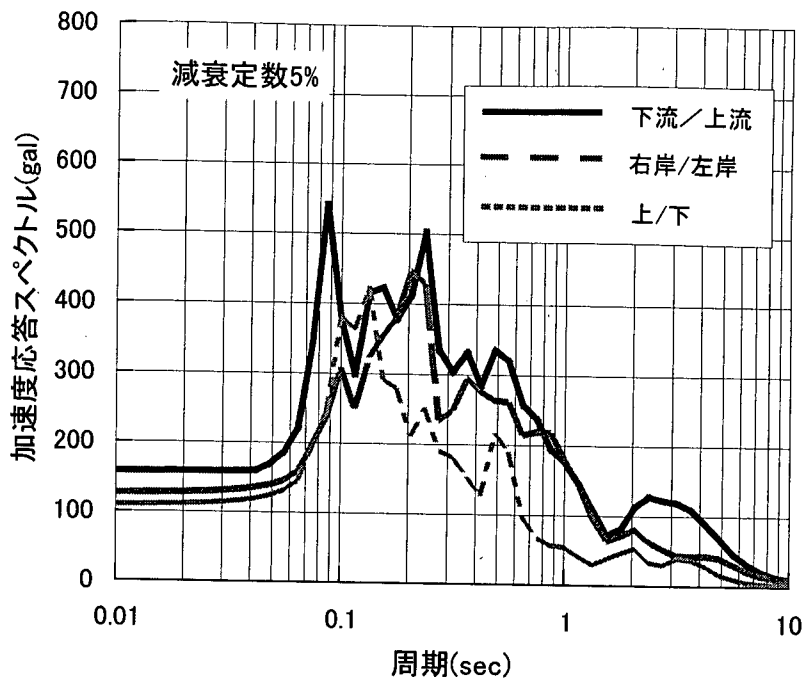


図-7.28 底部監査廊記録の加速度応答スペクトル

7.2.5 まとめ

ダム管理者による臨時点検および現地調査の結果からは、ダムの安全性に関わる被害がなかったことが確認された。ただし、ダムの堤体や付属構造物あるいは貯水池周辺に変状が見られたダム、基礎排水量、堤体漏水量あるいは揚圧力が増加したダムでは、今後、貯水位の上昇に際して、その挙動を注意深く監視していくことが必要であると思われる。また、賀祥ダムにおいては、大きな地震加速度が記録されており、その地震記録の分析を行い、鳥取県西部地震における地震動とダムの挙動との関連について検討を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 建設省国土地理院：平成12年10月6日鳥取県西部地震に伴う地殻変動と断層モデル，第139回地震予知連絡会資料，平成12年10月10日。
- 2) 科学技術庁防災科学技術研究所の基盤強震観測網のウェブページ：<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>。
- 3) 例えば 岩下友也・中村昭・松本徳久・横山真至：兵庫県南部地震によるため池を例とした土構造物の被害特性の分析、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、土木学会、pp.421-428、1996年1月。

8. 土砂災害

8.1 被害の概要

鳥取県西部地震により、鳥取県西部から島根県東部にかけての地域において、がけ崩れ等の土砂災害が発生した。発生件数及び被害数については表－8・1のとおりである（10月25日現在建設省砂防部まとめ）。がけ崩れ16件、地すべり 3 件が報告されているが、土石流の発生はなかった。また、幸いにも土砂災害による人的被害はなかった。

これらの土砂災害の発生及び警戒避難の状況に関する調査を10月12日に島根県広瀬土木事務所管内の 7 箇所、10月13日に鳥取県米子土木事務所管内及び根雨土木事務所管内の 7 箇所で行った。図－8・1に調査箇所及び土砂災害発生箇所を加速度観測点（表－3・1の直轄施設での観測点及び科学技術庁防災科学技術研究所 K－N E Tの強震観測施設）の位置及び観測値とともに示す。なお、図－8・1には施設被害箇所等や10月 6 日以降の降雨・余震等による災害発生箇所を併せてプロットしている。

表－8・1 鳥取県西部地震による土砂災害発生状況
(10月25日現在、建設省砂防部ホームページによる)

土砂災害の形態	発生県	発生件数	人的被害		建物被害			
			死者	負傷者	住家			住家以外
					全壊	半壊	一部損壊	
土石流		0	－	－	－	－	－	－
地すべり		3	－	－	－	1	9	－
	鳥取県	3	－	－	－	1	9	－
がけ崩れ		1 6	－	－	－	－	6	－
	鳥取県	7	－	－	－	－	6	－
	島根県	9	－	－	－	－	－	－
合計		1 9	－	－	－	1	1 5	－

8.2 地震発生前後の降雨状況

8.2.1 地震発生前の降雨状況

代表地点として気象庁江尾観測所（鳥取県側）及び気象庁伯太観測所（島根県側）における地震発生前後約 2 ヶ月間の日降雨量の推移を図－8・2に示す。地震発生日を含む発生前30日間（9月 7 日～10月 6 日）の降雨量は江尾観測所で237mm、伯太観測所で386mmであった。両観測所における1990年から1999年までの 9 月の平均降雨量はそれぞれ211mm（欠測のため1991年と1994年は除く）、240mmであり、これらと比較すると 2 ～ 5 割多い雨量である。また、地震13～14日前（9月22～23日）には江尾観測所で132mm（時間最大17mm）、

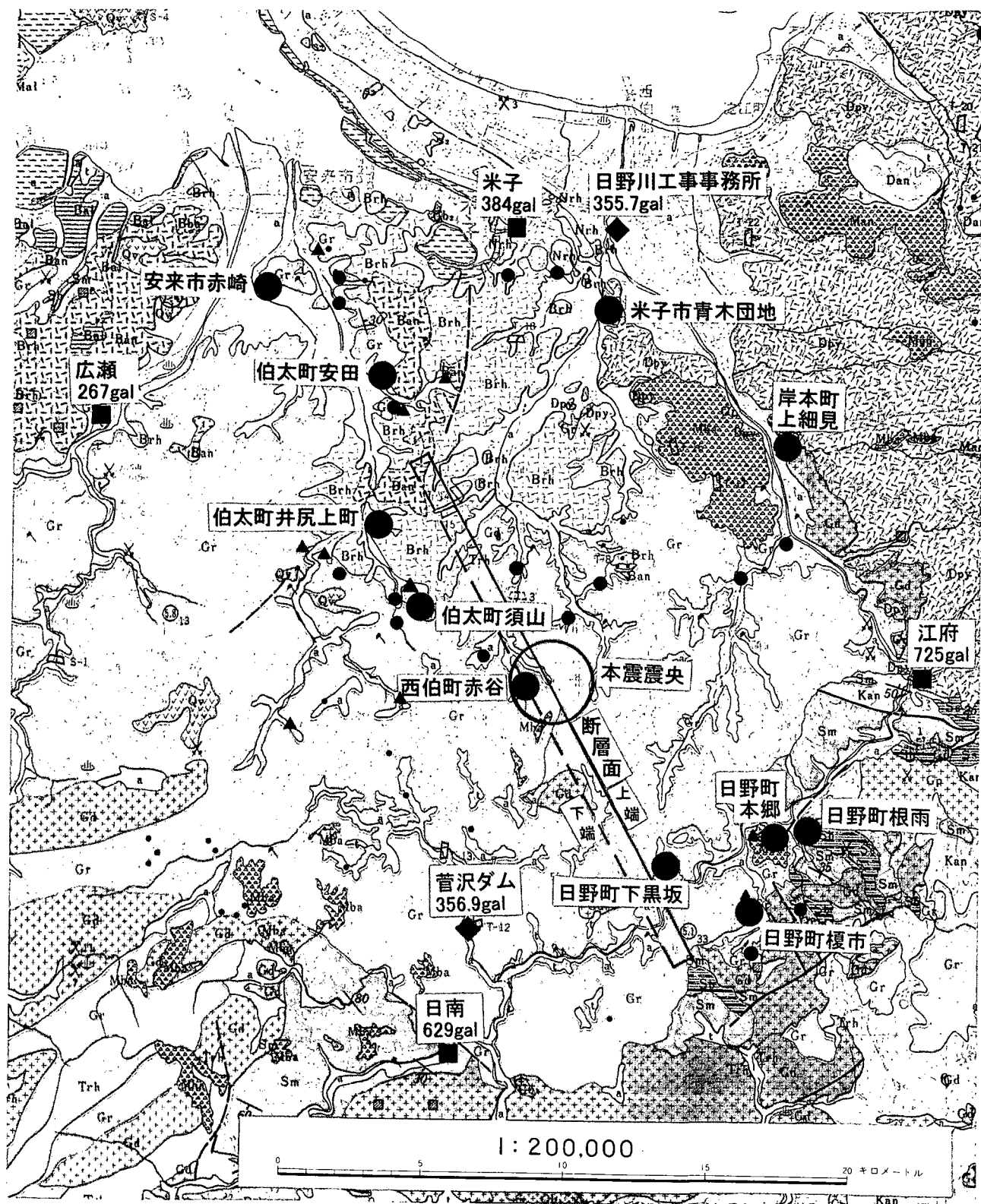


図-8-1 調査箇所及び強震観測施設位置図

基図：20万分の1中国地方土木地質図（建設省中国地方建設局，1984）

地質図凡例は原本¹⁾を参照されたい。断層面は2000年10月7日国土地理院記者発表²⁾の断層モデルによる。

- ：土砂災害調査箇所
- ：調査箇所以外の地震時土砂災害発生箇所
- ▲：地震後の降雨等による土砂災害発生箇所

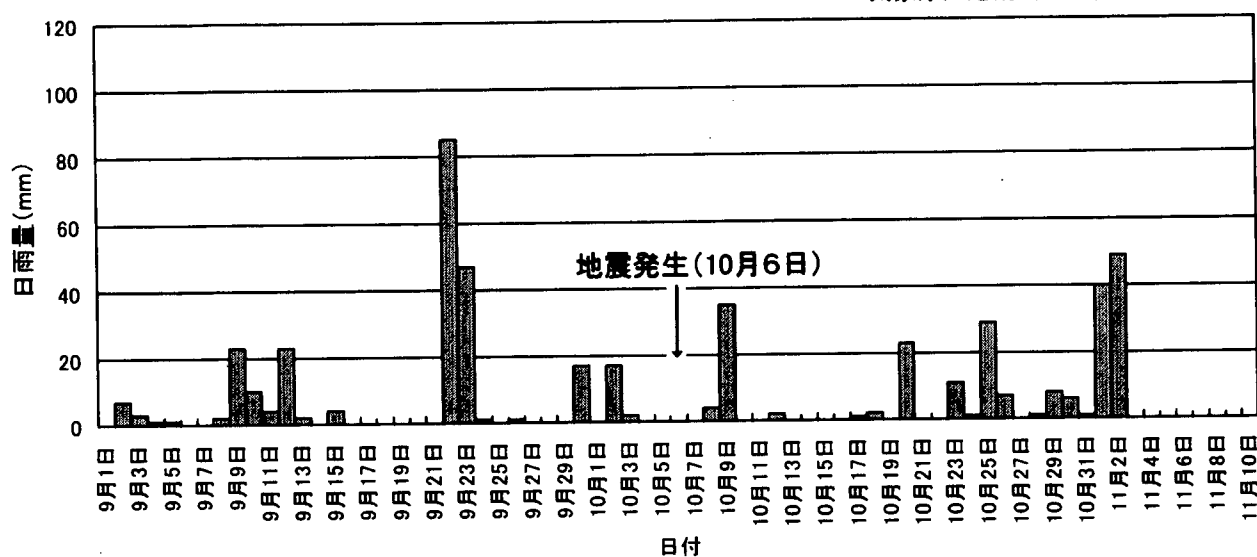
- ◆：建設省直轄施設における加速度観測点
 - ：科学技術庁防災科学技術研究所K-NETの強震観測施設
- 加速度の値はいずれも3成分の観測値のうちの最大値。

伯太観測所で159mm（時間最大20mm）の降雨があった。さらに地震3～5日前の9月30日及び10月2日にもそれぞれ日雨量20mm前後の雨量を記録しているものの、地震の直前・直後には降雨はなく、崩壊発生時の地盤は特に湿潤あるいは乾燥した状態であったとはいえない。

8.2.2 地震発生後の降雨と土砂災害の状況

地震発生後の降雨量は、10月7日から11月7日の1ヶ月間で江尾観測所で220mm、伯太観測所で237mmである。特に11月1日から2日にかけて江尾観測所で89mm（時間最大9mm）、伯太観測所で108mm（時間最大10mm）の降雨を記録し、数箇所では新たながけ崩れ及び土石流が発生している。地震前の9月22～23日の降雨ではがけ崩れ等の報告はないことから、地震後は斜面での亀裂の発生等により、より少ない雨量でもがけ崩れが発生しやすくなっていると考えられる。

気象庁江尾観測所（鳥取県江府町）



気象庁伯太観測所（島根県伯太町）

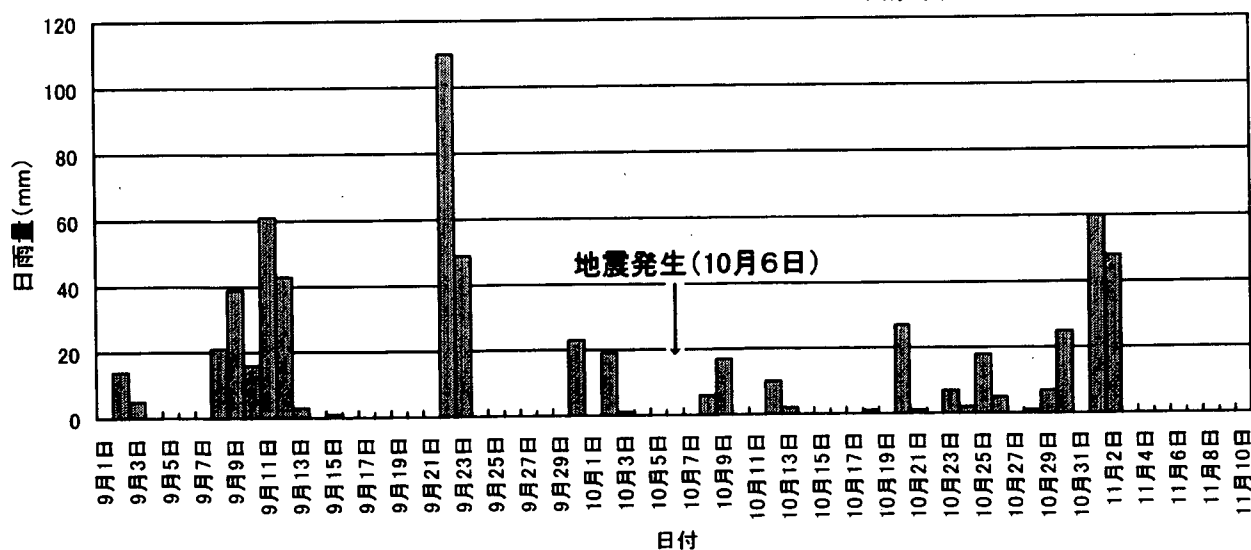


図-8.2 代表地点における地震発生前後の日雨量の推移

8.3 鳥取県西部地震による斜面崩壊の分布

8.3.1 断層の推定位置と崩壊地の分布

今回の地震により発生した崩壊地等は、国土地理院により推定された地震を引き起こした地下の断層⁹⁾（以下「断層」という）の東側では断層から10km程度までの範囲、西側では5km程度までの範囲に大部分が分布している（図-8・1）。

また、断層の延長線上では、南側延長線上には発生がほとんどないのに対して北側延長線上での崩壊発生が多い。北側延長線上では断層北端から10km程度まで、延長線上から東側に幅10km程度までの範囲に大部分が分布している。

加速度については、図-8・1の観測値を見る限り、北側に対して南側の方が大きいように見える。また、同程度の緯度では東側の方が若干大きいように見えるが資料が少なく断定できない。

8.3.2 地質と崩壊地の分布

崩壊箇所は花崗岩の分布地域が多い。これは元々花崗岩の分布が多いことによると考えられる。それに対し、流紋岩～石英安山岩及び同質火砕岩の分布地域では花崗岩地域に比べて崩壊が少ないように見えるが、このデータだけでは差異は不明瞭であり、断定はできない。

なお、調査対象の崩壊箇所の地質は、鳥取県内の7箇所のうち、花崗岩あるいはまさ土3箇所、大山起源の未固結噴出物2箇所、玄武岩1箇所、変成岩（結晶片岩）1箇所であった。島根県内の7箇所では花崗岩あるいはまさ土が4箇所、流紋岩～石英安山岩質凝灰岩が1箇所見られた。残りの2箇所は露頭がないが流紋岩～石英安山岩及び同質火砕岩の地域にあたる。

8.3.3 急傾斜地崩壊危険箇所の崩壊率の分布

地震時に崩壊した（亀裂が発生したが崩壊に至っていない箇所を含む）急傾斜地崩壊危険箇所（以降「危険箇所」という）と市町村毎の崩壊率を示す（図-8・3）。なお、崩壊率は次式のように求めた。

$$\text{崩壊率} = \frac{\text{地震時に崩壊した急傾斜地崩壊危険箇所数}}{\text{地域内の急傾斜地崩壊危険箇所数}} * 100$$

地震時に崩壊が発生した危険箇所（亀裂が発生したが崩壊に至っていない箇所を含む）の存する市町村について見ると、全体の崩壊率が6%なのに対し、鳥取県は10%、島根県は4%となり、鳥取県側の崩壊率が高いことがわかる。ただし、分母となる地域内の危険箇所数は鳥取県が144箇所なのに対し島根県は280箇所である。

また、図-8・3より推定された断層上にあたる鳥取県の西伯町（20%）、日野町（14%）で崩壊率が高いことがわかる。次いで鳥取県溝口町（12%）、島根県伯太町（10%）、鳥取県岸本町（8%）となる。

8.3.4 崩壊発生範囲

崩壊発生地点のうち、断層からの最遠点は断層の北西方向への延長線上では震央から約40km、断層の推定範囲から約30kmの地点であった。なお、崩壊形態は落石である。また断層の東側ではそれぞれ約10km、西側ではそれぞれ約20kmであった。これらに対し南側の発生は震央からは約15kmであるが、緯度としては断層の推定範囲にほぼ限定されていることが特徴的である。

崩壊形態毎に整理すると地すべりの発生範囲が断層から約3km以内と最も分布範囲が狭く、次いで崩壊の比較的多発している箇所分布範囲が断層から約10km、震央から約15km程度、崩壊の最遠点が、断層から約25km、震央から約30kmである。次いで落石が断層から約30km、震央から約40kmとなっている。また崩壊にいたらない変状の発生箇所の場合が断層および震央からともに約30kmであった。崩壊現象の規模が大きいほど分布範囲は狭くなっていると言える。

また、図-8・3から崩壊地の分布面積を求めると約900km²、崩壊地の比較的多い範囲の面積は約400km²となった。なお、崩壊に至らない変状の発生箇所を含めた場合の発生範囲は約1,800km²となる。

兵庫県南部地震では、崩壊・地すべりの分布は長さ60km、幅20kmの帯状の地域に分布し、震央から崩壊・地すべりの発生地点までの距離の最大値は約50kmであった³⁾。これに比較すると今回の地震による分布範囲は若干狭いようである。

なお、図示された崩壊地は、集落などのある範囲に限られるため、山地部などの崩壊地を含めると、幾分広くなることも考えられる。

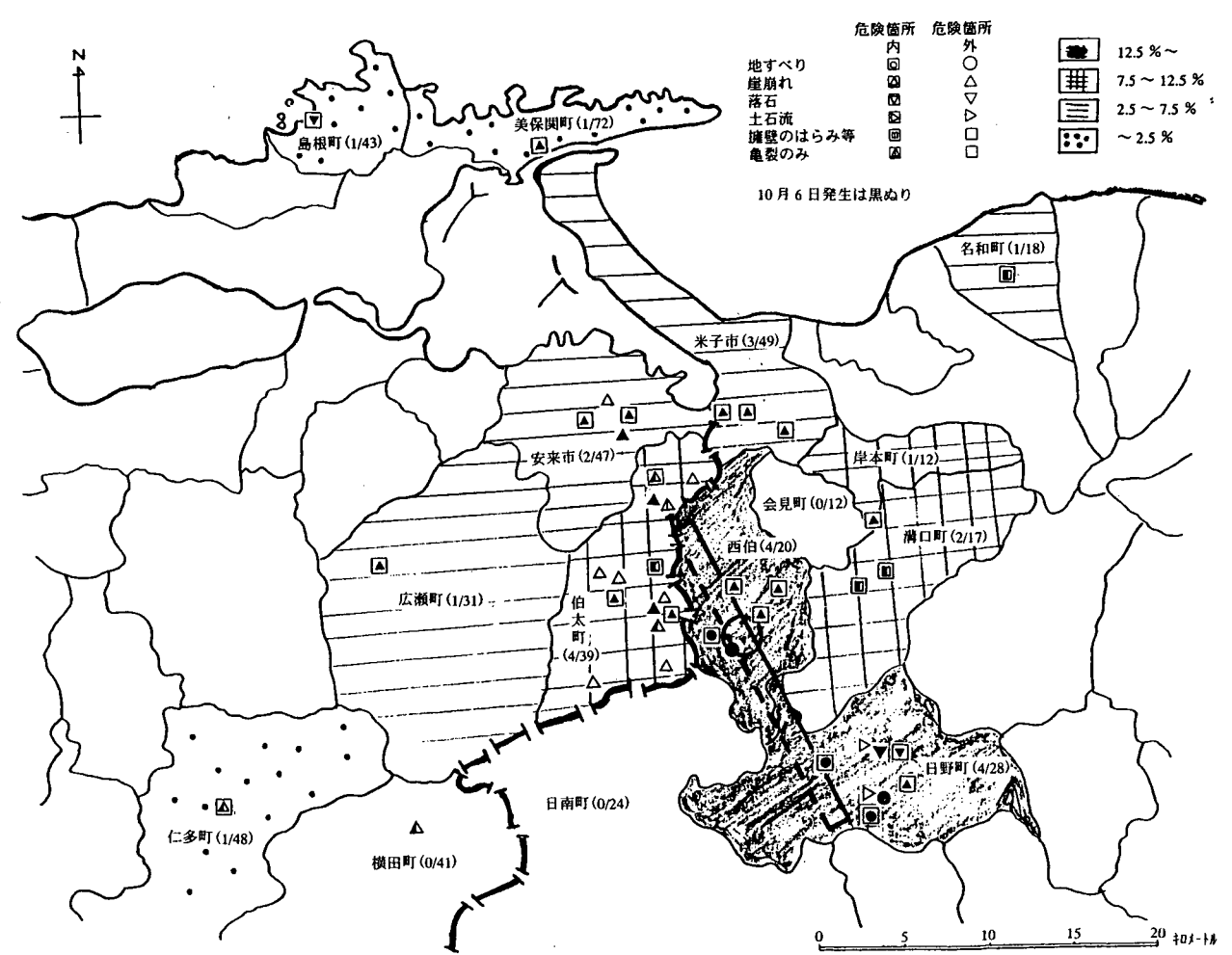


図-8・3 崩壊箇所の分布及び急傾斜地崩壊危険箇所の市町村毎の崩壊率

8.4 鳥取県西部地震による崩壊地の特徴

(1) 崩壊形態

崩壊形態は大きく、土砂の崩落・滑落、落石、地すべりに区分される。

①土砂の崩落・滑落

縦断的には上部に平坦面のある箇所へのり肩付近からの小規模な崩壊が多い。発生後はオーバーハング状態となるような急斜面からの崩落が多い。

横断的にはほぼ平衡斜面と凸型斜面であり、前者が多い。

崩壊に至っていない亀裂が、のり肩から数m程度の位置に斜面に平行に発生している事例がある。地震時の崩壊に至らない亀裂の発生は、これまでも千葉県東方沖地震による崩壊調査などで報告されている⁹⁾。亀裂の斜面との位置関係はほぼ同様であるが、亀裂の長さは千葉県東方沖地震では10mを超える箇所が半数を超えるのに対し、今回の調査対象箇所では10mを超える箇所は少ない。

なお、調査対象箇所以外では、幅5～10数m程度の表層土砂の滑落と思われる箇所が見られた。

②落石

調査対象箇所は2箇所、高さ20m程度の玄武岩の柱状節理からの剥離型落石と変成岩（結晶片岩）の亀裂面からの径2m程度の剥離型落石であった。ただし、前者は遠方からの目視である。いずれも鳥取県日野町地内である。

なお、落石は調査対象箇所以外にも散見された。

③地すべり

調査対象箇所はいずれも花崗岩の分布地域の3箇所であった。いずれも推定されている地震を起こした断層の範囲から水平距離3km程度以内に分布している。うち2箇所は鳥取県日野町地内で、移動方向はいずれも南東方向である。他の1箇所（施設被害箇所）は鳥取県西伯町赤谷地内で、移動方向は西方向である。

(2) 斜面の高さ

土砂の崩落・滑落タイプでは、斜面高さは10m以上が5箇所、9mが1箇所、5～6mが2箇所である。

落石のタイプでは、1箇所は最も遠い落石到達地点（斜面下端の擁壁付近）から発生源までの高さが60mであった。他の1箇所は斜面下の平地から発生源までの比高差が200～250mであった（ただし落石は山腹途中で止まっているが正確な到達位置は不明である）。

(3) 斜面の傾斜

土砂の崩落・滑落のタイプでは、斜面の傾斜角は8箇所のうち1箇所が40°であったのを除き、7箇所が50°以上で、特に60°以上が6箇所と極めて急傾斜地で発生していた。多くは何らかの切土がなされた斜面と思われる。

落石のタイプでは1箇所が42°（発生源付近）、1箇所は地形図による測定で45°程度（発生源付近）であった。

(4) 斜面の方位

土砂の崩落・滑落のタイプでは、斜面の方位は北北東向き1箇所、北東向き1箇所、東南東向き1箇所、南向き2箇所、西向き3箇所、西北西向き1箇所と西向きに近い方向がやや多い。

落石のタイプでは1箇所が西向き、1箇所が北向きであった。

地すべりでは南東向きが2箇所、西向きが1箇所であった。

(5) 斜面の形状

土砂の崩落・滑落タイプでは、縦断的には上部に平坦面のあるほぼ平衡斜面ののり肩（遷急線）付近の発生が多い。横断的にはほぼ直線状かやや凸状の斜面、出尾根状斜面の周囲（須山②地区）に見られた。

(6) 斜面の上端の状況

土砂の崩落・滑落タイプでは、崩壊斜面の上部は台地状で平坦となっているものがほとんどであった。このため、斜面上部の土地利用状況も畑、墓地などが多く、木本植生に覆われている箇所は少ない。

(7) 斜面の地質

土砂の崩落・滑落のタイプでは花崗岩あるいはまさ土が多くを占め、流紋岩質凝灰岩、大山起源の未固結噴出物があった。

落石は変成岩（結晶片岩）の崖錐斜面の露頭、玄武岩の柱状節理の発達した岩盤斜面であった。

地すべりは花崗岩あるいはまさ土の斜面であった。

(8) 湧水の状況

調査時点では、湧水は地すべりの1箇所を確認されただけである。なお、島根県を調査した10月12日は伯太観測所で10mmの降雨があった。

(9) 崩壊の規模

土砂の崩落・滑落のタイプでは、崩壊深さ50cm程度、崩壊幅5～6m以内、崩壊土砂量数 m^3 ～15 m^3 程度の小規模なものがほとんどであった。

落石のタイプでは1箇所が最大径2mであった。他の1箇所では確認できなかった。

地すべりは最大のもので幅100m、長さ100m程度と推定されている。

8.5 崩壊防止施設の被災状況

径1.7m、2.0mの落石による落石防護柵の防護網の破断が1箇所、ブロック積み擁壁の変状が2箇所で見られた。

(1) 落石防護柵

逆Y型落石防護柵の防護網の破断である。防護網の破断は鋼製支柱間で発生しており、支柱自体に破断、座屈等は見られなかった。防護網は断面が矩形（幅6mm×6mm）のエキスパンドメタルであり、前面にサンドクッション等の緩衝材は設置されていなかった。落石の防護柵位置でのエネルギーを計算すると3,000～4,000KN・m程度となる。

(2) ブロック積み擁壁

ブロック積み擁壁の被災位置はいずれも多段擁壁の中上部であり、小段の変状を伴っている。これらは多段に施工された箇所であることと、被災形態として擁壁背面の埋戻し土あるいは盛土の沈下が見られることが共通している。

①鳥取県西伯町赤谷地区

砂防流路工の護岸上に設置されたブロック積み擁壁（4.8m×2段）の延長約20mの範囲に変状が発生している。擁壁天端背面は平坦で民家の敷地となっている。擁壁に平行な引っ張り亀裂が民家の敷地内の擁壁より7～8m背後の位置に連続的に発生していることから、この部分を頭部とする小規模な地すべりに伴う擁壁の変状と考えられる。ただし、頭部の亀裂の状況に比較して、末端となるブロック擁壁部分のはらみ及び天端背後の沈下などの変状の方が著しいため、擁壁背面の埋戻し土あるいは盛土部分の局所的変状と地すべりが併せて生じている可能性がある。

②島根県伯太町井尻上町

台地状地形の縁辺部の斜面の下部がモルタル吹付（高さ約11m）で、その上部に高さ2m程度のコンクリート擁壁があり、その上部にブロック積み擁壁（高さ2～3m×2段）が設置されている。最上部のブロック積み擁壁の頭部背面が延長約10mにわたって沈下するとともに亀裂が発生している。またブロック積み擁壁間の小段の排水溝が沈下している。斜面上部の平坦地は墓地となっており、ブロック積み擁壁の背後2～3mの位置に亀裂が発生しているが、それより背後には異常が見られないことや斜面下部のモルタル吹付には異常が見られないことから、ブロック積み擁壁背面の埋戻し土あるいは盛土の局所的な変状と考えられる。

8.6 警戒・避難の状況

（1）仮設防護施設の設置箇所

2箇所では、既に仮設防護施設（木製防護柵1箇所、ジャンボ土嚢1箇所）が設置または施工されていた。設置済みであった米子市青木団地では避難等の措置はとられていなかった。

また、鳥取県日野町本郷地区ではジャンボ土嚢の仮設防護施設が設置され、さらに仮設防護柵が施工中であった。斜面上部からの落石の危険のため10世帯7事業所（斜面下から日野川沿いの国道手前まで、斜面沿いの延長300～400m）に避難勧告が継続していた。

（2）（1）以外の箇所

（1）以外の崩壊箇所では亀裂にブルーシートなどの浸透防止措置が実施されている場合が多い。

地区全体で夜間に別地区へ避難を実施していた例があった（島根県伯太町須山地区）。

家屋裏の斜面の崩壊と亀裂の発生により自主的に夜間は別棟に避難していた住民がいた（島根県安来市赤崎地区）。

地すべりの3箇所（施設被害の1箇所を含む）では、地すべり移動と亀裂の発生などにより地すべり地上の家屋自体が被災しているため住民は避難していた。

（3）監視状況

地すべり3箇所（施設被害の1箇所を含む）では、伸縮計などによる斜面の監視が行なわれていた。

降雨量などによる警戒避難基準を設けていた箇所はない。

8.7 各調査箇所の状況

(1) 米子市青木団地（図-8・4、写真-8・1）

大山起源の未固結噴出物の幅 3 m 程度の小規模な崩落である。

斜面は段丘崖状で上部が平坦な北北東向きの斜面である。高さ14m、斜面勾配は下部の崖錐部分で約40°、上部で70°～オーバーハングした急崖となり、斜面上部の平坦面と下部斜面に中高木が侵入している。崩壊は最上部のオーバーハングした土層部分が崩落し下部の70°程度の斜面の土砂を巻き込み、全体で約5m³の崩壊土砂量となった。崩落土砂の多くは下部の崖錐部分に堆積したが、一部の土塊（径10cm程度）が斜面下端から8m離れた団地の軒先まで達した。

調査時点では、高さ2mの木製の仮設土留工が斜面下端に設置されていた。なお、上部の平坦面にはクラックの発生は見られなかった。

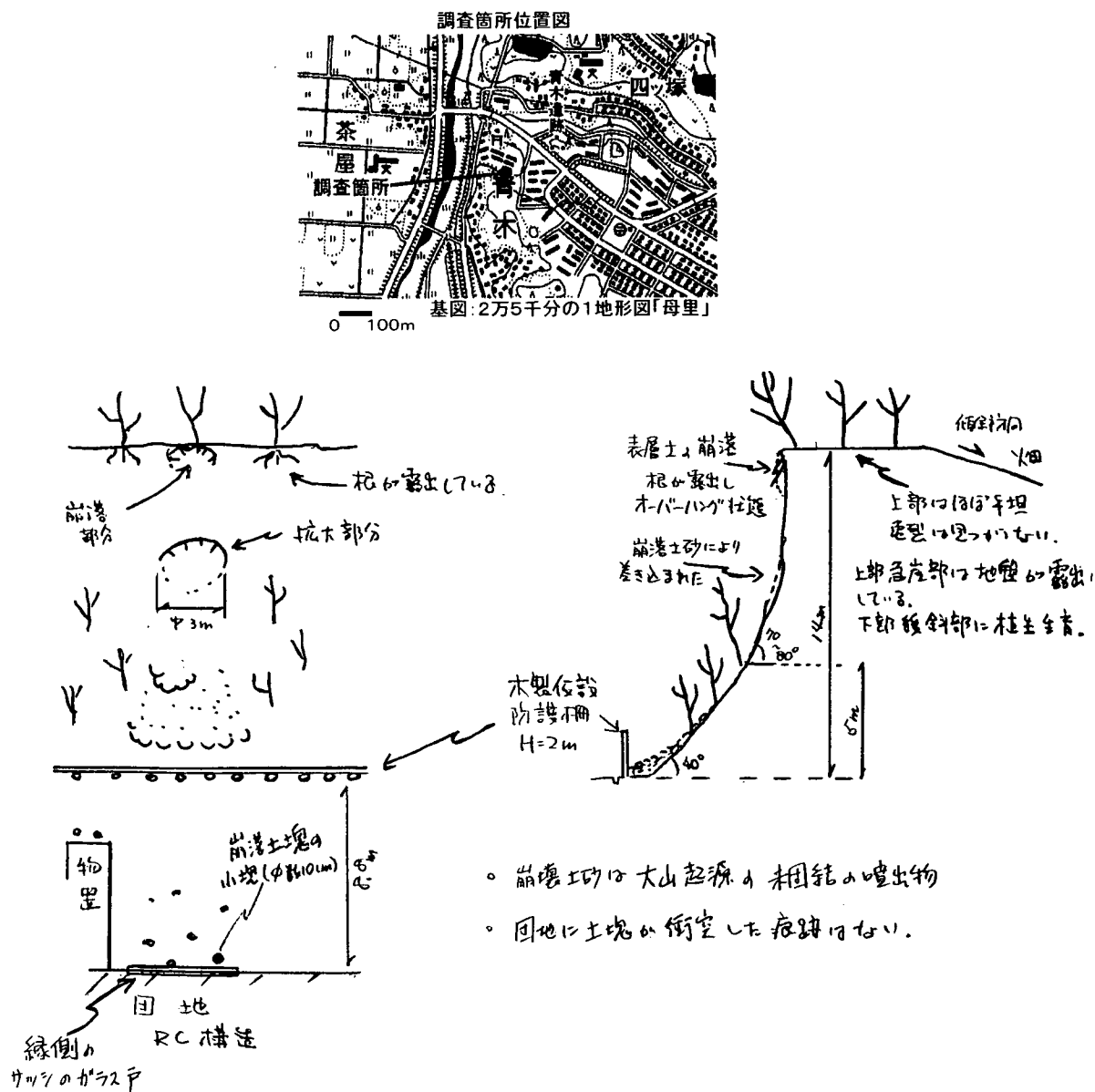


図-8・4 米子市青木団地の災害状況図（スケッチ）



写真-8・1 米子市青木団地

斜面下端に応急対策の仮設木製土留柵が設置されている（写真手前）。

（２）西伯町赤谷（図-8・5、写真-8・2～8・6）

砂防流路工の護岸上に設置された２段のブロック積み擁壁（延長約20m、高さは上段4.8m、下段4.8m、計9.6m、その下は高さ3.8mの流路工護岸）のうち、下段擁壁が変状を起こすとともに、上段擁壁及び上段・下段間の小段が沈下・変状を生じた。また、擁壁上部の平坦地（民有地であり、民家が建っている）には擁壁から7～8mまでの範囲に多数のクラックが発生しており、地すべりの変状を生じたと考えられる。ただし、ブロック積み擁壁に近い部分では沈下を伴い、変状が大きいことから、擁壁背面の埋戻し土または盛土の局所的な変状が併せて生じたものと思われる。また、隣接する水田に延長約30mにわたり馬蹄形状にクラックが生じた。

露頭はないが地質図では花崗岩地域に相当する。また、斜面は西向きである。

なお、調査時点では住民は避難しており、また、クラック発生部分については変状の拡大及び崩壊が予想されたため、変動の監視のため伸縮計が設置されていた。



写真-8・3 西伯町赤谷：上部の平坦地（人家の庭）のクラック



写真-8・4 西伯町赤谷：伸縮計による変動監視状況

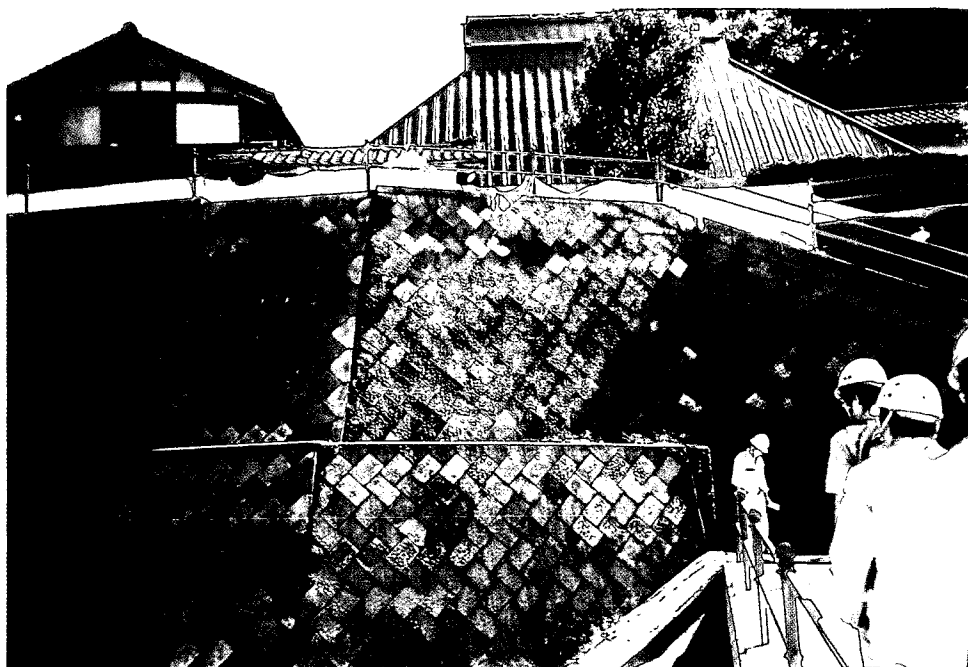


写真-8・5 西伯町赤谷：擁壁の変状

目地部分を境にずれ、開口などが見られる。



写真-8・6 西伯町赤谷：擁壁の変状

目地部分を境にしたずれ、はらみ出し、
小段部分の沈下などが見られる。

(3) 岸本町上細見 (図-8・6、写真-8・7～8・10)

大山起源の溶岩塊を含む黒色の火山灰の小規模な崩壊。斜面高5～6m程度の西向き斜面であり、斜面上部は平坦で畑などとなっている。斜面下部に空石積みの高さ2m程度の擁壁がある。延長82mの範囲に4箇所崩壊が生じた。

崩壊土砂量が15m³と最も多く、土砂が家屋まで到達していた箇所では、空石積み擁壁が崩壊したため、上部の勾配60～70°の斜面が引きづられて崩壊したものである。

被災家屋は木造であるが、崩壊土砂はサッシの戸を若干変形させただけで停止した。なお、斜面下端と家屋の間隔は1.5m程度である。

斜面上部には一部数mにわたりクラックが発生しており、調査時点で一部がシートにより被覆されていた。

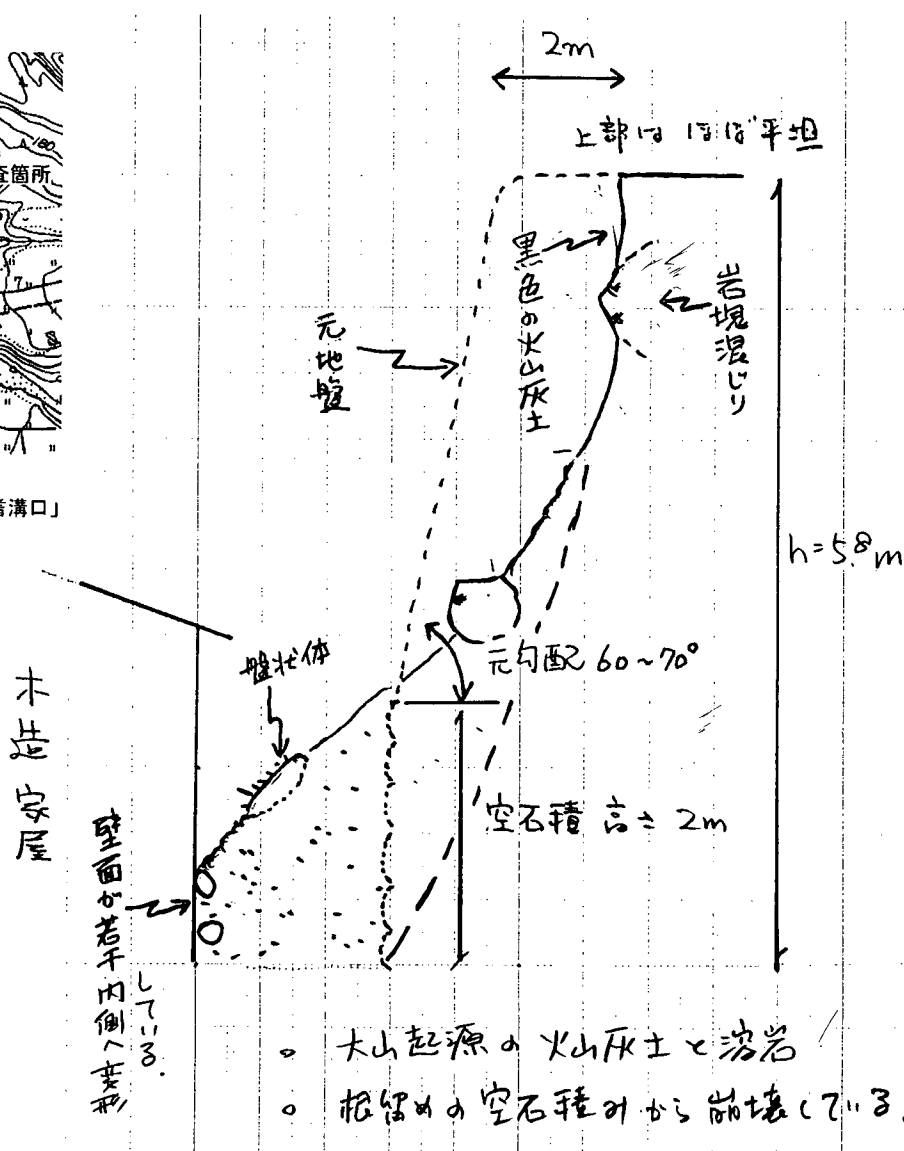


図-8・6 岸本町上細見の災害状況図 (スケッチ)



写真-8・7 岸本町上細見



写真-8・8 岸本町上細見：斜面上部の平坦地（畑）のクラック

写真-8・9 岸本町上細見：崩土が家屋
に達した現場
崩土はビニールシートの下。

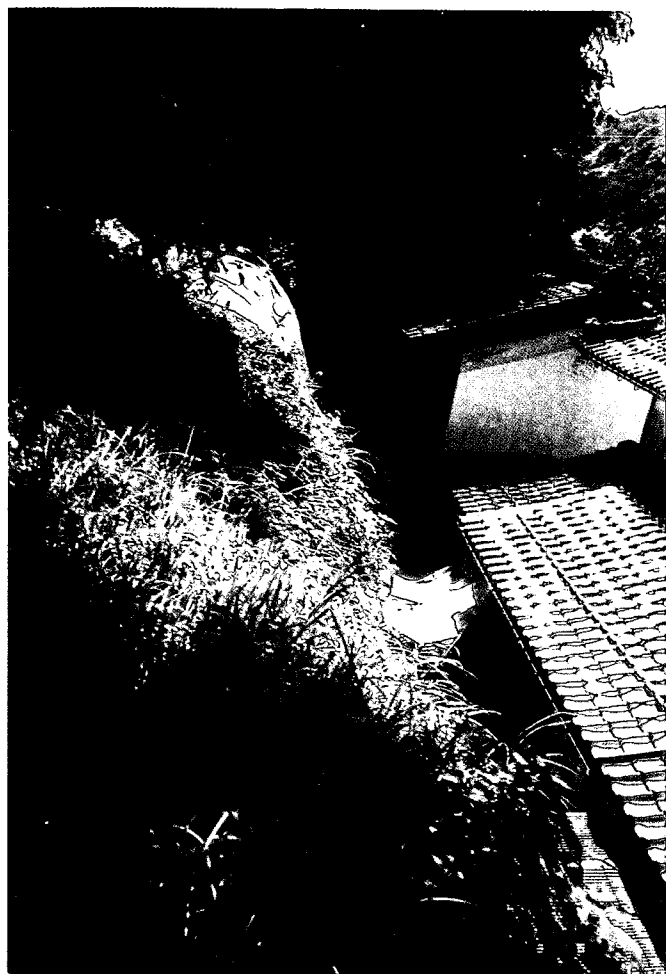


写真-8・10 岸本町上細見：家屋に達した崩土
大山起源の未固結噴出物からなり、溶岩塊等が含まれる。なお、写真に写っている岩塊には空石積
も含まれる。

(4) 日野町根雨 (図-8.7、写真-8.11~8.14)

結晶片岩（三郡変成岩類の塩基性片岩）の亀裂面からの剥離型落石である。落石は複数発生したが、このうち斜面下方まで達した主なものは、径2 m, 1.7mであった。

発生源は西向き斜面の下端から、斜距離で100m（比高差60m）の位置にある。斜面勾配は上部43°、下部35°であり、上部では杉林（胸高直径10～20cm）、下部では竹の密生する崖錐斜面を落下した。

落石は発生源から40m下部に設置してある逆Y型落石防護柵（支柱間隔2m）の径6mmのエキスパンドメタルを地上から高さ1.5mの範囲で破断した。落下経路では防護柵上部で杉、下部で竹を根返り、幹折れ、幹割れさせながら落下した。杉の樹皮が剥がれた落下痕跡の位置は防護柵上部で高さ1.8mであった。斜面下端にはコンクリート擁壁工が施工されているが、直前に径1.7mの落石が停止しており、径2mの落石はこれに衝突し方向を転じ斜面と擁壁の間の平坦地にある墓地で停止したと思われる。

なお、落石の防護柵位置でのエネルギーを落石対策便覧⁵⁾に従って計算すると3000～4000kN・m(300～400tf・m)程度となった。

調査時点では、落石防護柵においては破断部分を含め防護網及び支柱部分に古タイヤが仮設置されていた。

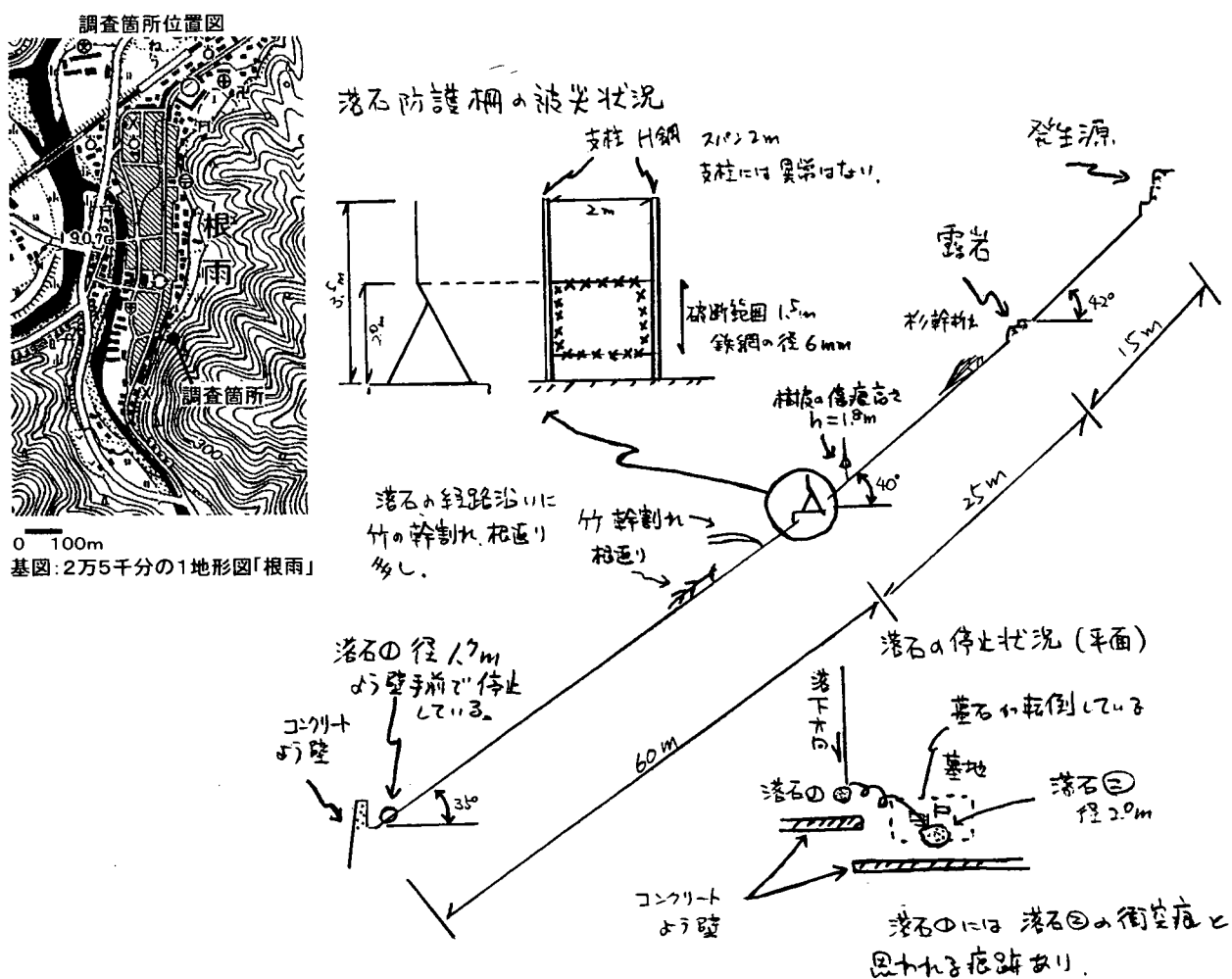


図-8.7 日野町根雨の災害状況図（スケッチ）

写真-8・11 日野町根雨：斜面下部の擁壁
付近に達した落石
径約2mの結晶片岩（三郡変成岩類
の塩基性片岩）。



写真-8・12 日野町根雨：斜面中腹の落石防護柵とその上部の斜面に堆積した落石
落石は杉に衝突して停止している。岩種は斜面下部に達したものと同じ。なぎ倒された樹木や、立木に落
石が衝突した跡などが見られる。



写真-8・13 日野町根雨：立木に残された落石通過時の衝突跡
痕跡の高さは1.8m。

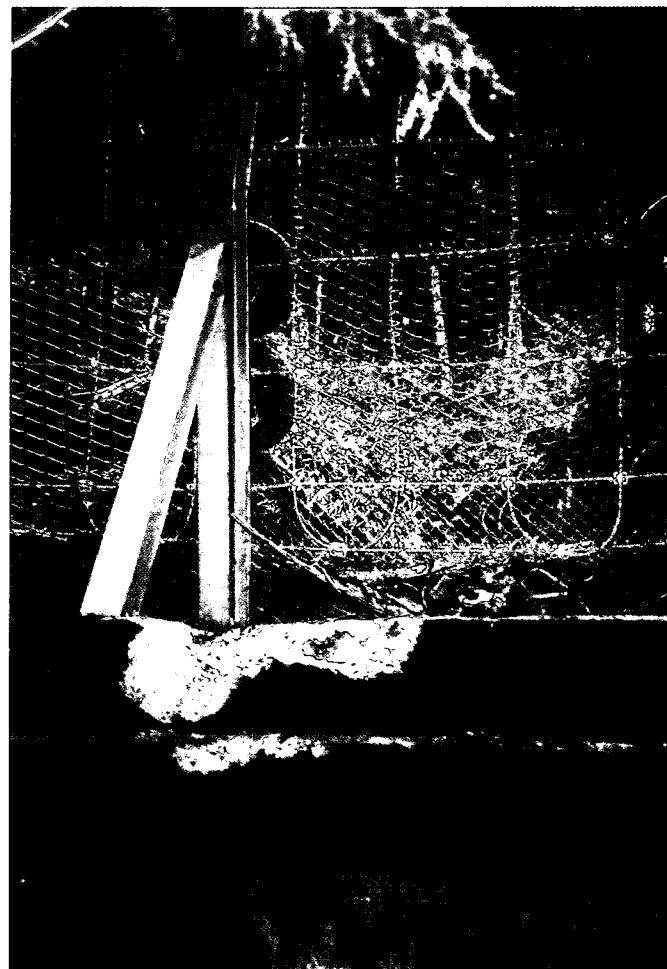


写真-8・14 日野町根雨：落石防護柵
落石通過部分。H鋼製の支柱の間のエキスパンドメタルを破って下方へ向かった（写真の支柱の右側部分）。調査時点では応急対策として防護網及び古タイヤが仮設置されていた。

(5) 日野町本郷 (図-8・8、写真-8・15)

標高400～450mの山腹上部の幅100mの北向きの崖の柱状節理の剥離型崩壊である。この柱状節理は地質図から玄武岩と推定される。10月10日に新たに避難勧告が出され新聞等マスコミで報道された箇所である。

調査は斜面下方からの目視のみで行った。地形図からの判読によると、下から比高差200mまでが平均勾配 34° であり、それより上の玄武岩の崖のある、より急傾斜の部分が比高差50m、平均斜度 45° である。このうち玄武岩の崖として露出する部分の高さは目視で20m程度とみられる。

調査時点では、10世帯7事業所に避難勧告がなされていた。また、ジャンボ土嚢による仮設防護工が落石の経路となる沢出口の扇状地末端付近に設置されていた。



図-8・8 日野町本郷の災害状況図

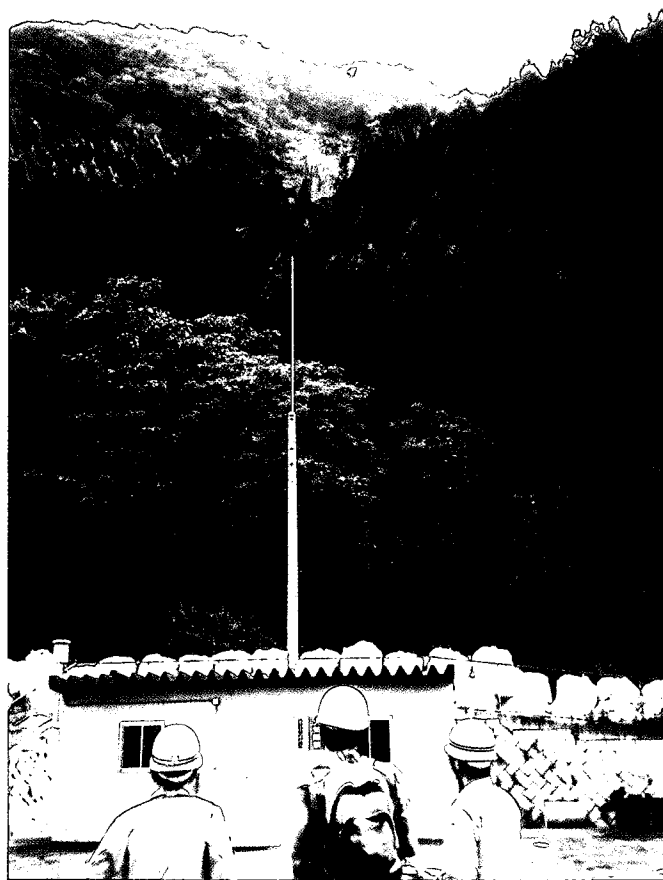


写真-8・15 日野町本郷

写真上方の岩盤の柱状節理は地質図の玄武岩に相当すると推定される。主な崩壊発生箇所は柱状節理の右上部分と考えられる。

(6) 日野町榎市 (図-8・9、写真-8・16~8・20)

花崗岩の分布地域内の南東向き斜面上の地すべりである。地すべりの範囲は聞き取りによると幅100m、長さ100m程度と推定されているとのことであった。斜面下部は耕地として段状に利用されている緩傾斜地であり中部から上部にかけて家屋が点在する。また、斜面上部には急崖部が存在し、古い滑落崖と考えられることなどから、潜在的な地すべり地と考えられる。地すべり側面の亀裂により家屋が変形した。地すべり末端の位置は確認できなかったが、聞き取りによると河川まで達するとのことであった。また、家屋裏の高さ5m程度の急崖部で幅5m程度の表層崩壊が発生した。急崖の上部は緩傾斜となり果樹が栽培されていた。調査時点では地すべり地の住民は避難しており、また、変動の監視のため伸縮計が3基設置されていた。

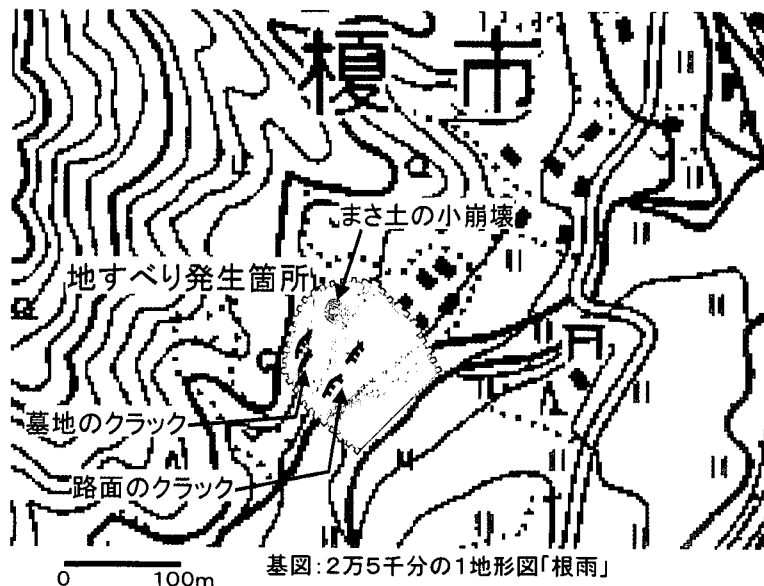


図-8・9 日野町榎市の災害状況図



写真-8・16 日野町榎市



写真-8・17 日野町榎市：道路に生じたクラックの応急補修跡



写真-8・18 日野町榎市：墓地に生じたクラック



写真-8・19 日野町榎市：人家の庭に生じたクラック

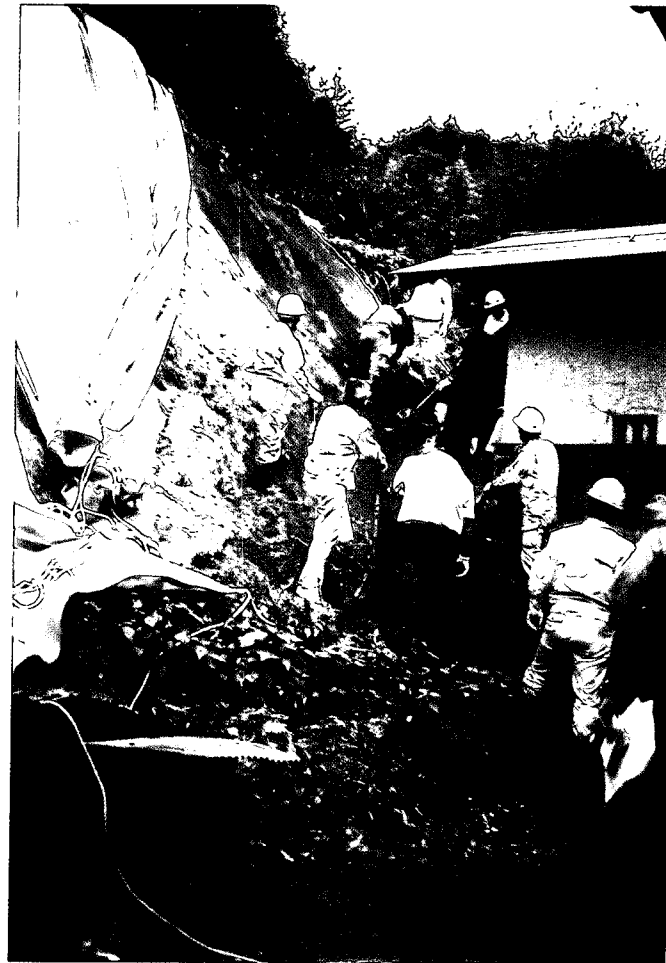


写真-8・20 日野町榎市：まさ土の小崩壊

(7) 日野町下黒坂 (図-8・10、写真-8・21～8・23)

花崗岩の分布地域内の南東向き斜面上の小規模の地すべりであるが土塊が幅30mにわたり数m移動している。移動土塊の厚さは末端で1m程度と思われる。移動初期は多量の湧水が観察されたとのことである。湧水は調査時点でも少量ながら継続していた。

調査時点では斜面上の民家の住民は避難しており、また、変状監視のため伸縮計が設置されていた。さらに土塊の流下防止のために部分的にジャンボ土嚢が設置されていた。

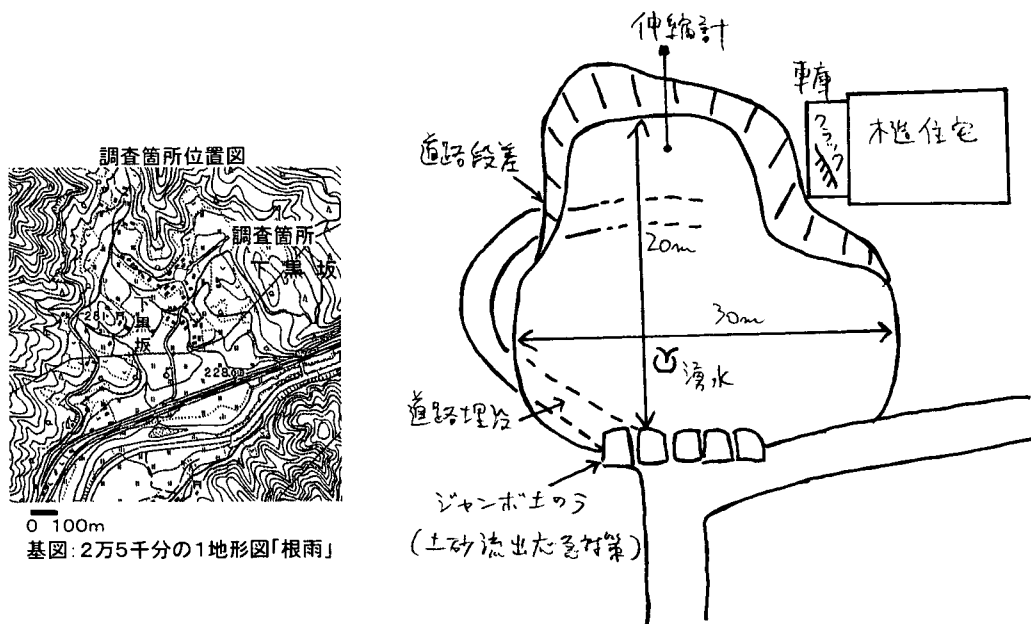


図-8・10 日野町下黒坂の災害状況図 (10月13日のスケッチ)

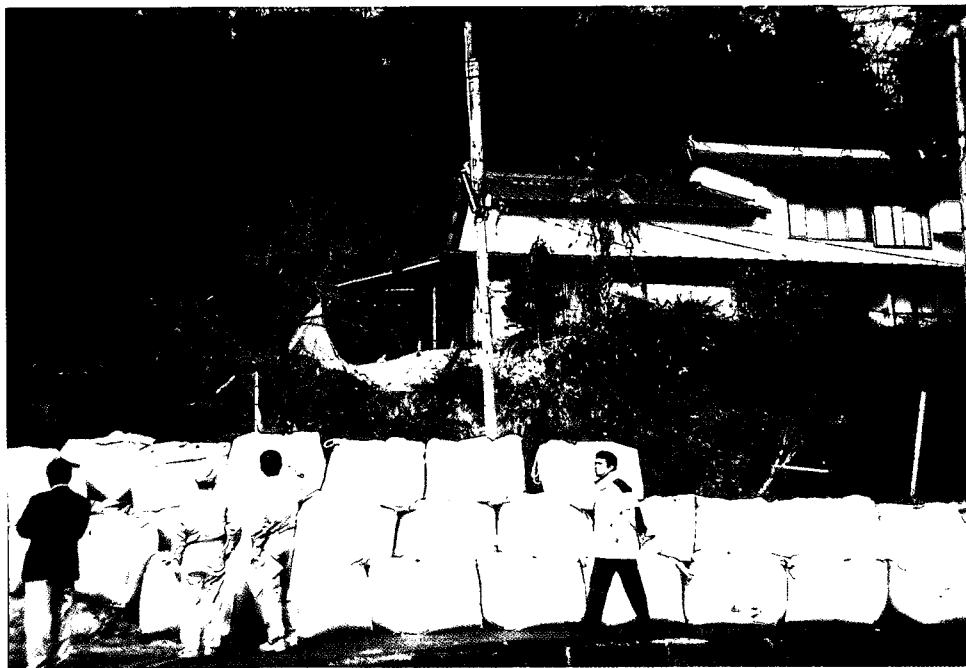


写真-8・21 日野町下黒坂 (2000年11月27日撮影)

手前にジャンボ土嚢による土砂流出防止応急対策がなされている。



写真-8・22 日野町下黒坂：道路上の段差発生箇所（2000年11月27日撮影）

手前（ビニールシートの部分）に対し、向こう側が約2m沈下している。



写真-8・23 日野町下黒坂：人家の車庫内に生じたクラック（2000年11月27日撮影）

(8) 伯太町須山① (図-8・11、写真-8・24～8・26)

高さ4m程度の斜面において小規模な崩壊が3箇所で見られた。上部は平坦である。崩壊土量は合わせて数 m^3 程度であった。また、高さ17m程度の斜面の上部の畑に延長約4m、開口幅20cm程度のクラックが見られた。斜面方位は北東向きで、勾配は 50° 程度である。

崩壊土砂は径5～10cm程度の流紋岩質～石英安山岩質凝灰岩と思われる岩片からなる。

なお、調査時点では夜間は住民は井尻地区へ避難していた。

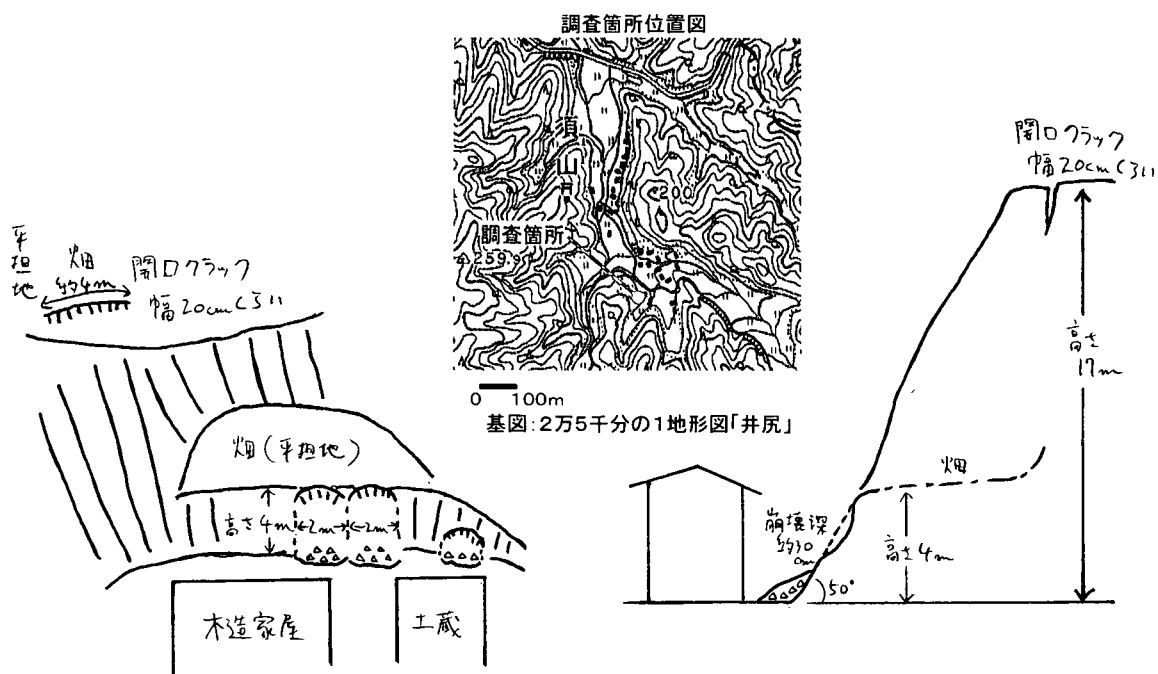


図-8・11 伯太町須山①の災害状況図(スケッチ)



写真-8・24 伯太町須山①

民家上方の斜面の平坦地にクラックが生じている(ビニールシートのある部分)。



写真-8・25 伯太町須山①：人家裏の小崩落



写真-8・26 伯太町須山①：斜面上部の平坦地に生じたクラック

(9) 伯太町須山② (図-8・12、写真-8・27~8・28)

風化花崗岩を基盤とする西向きの尾根状斜面の周囲の小規模な崩壊である。上部は平坦で畑となっており、斜面高さは全体で約13m、勾配は平均40°である。

幅数m、深さ0.3m程度の崩壊が高さ約5mの上部斜面において3箇所で発生した。

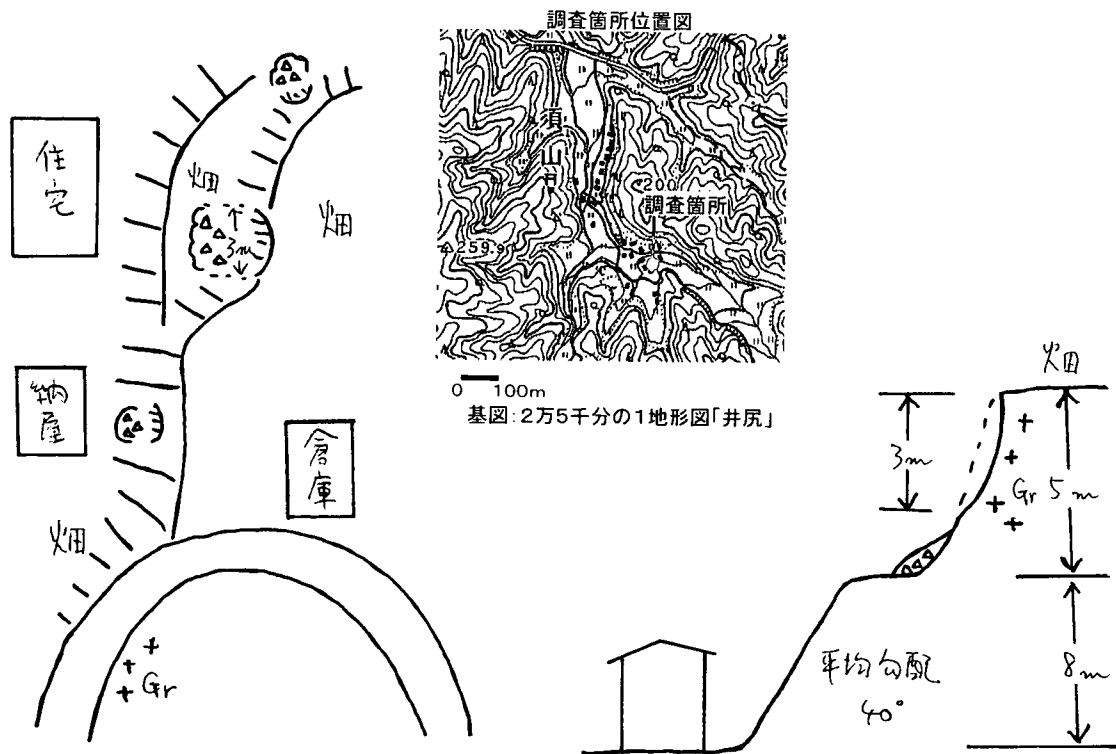


図-8・12 伯太町須山②の災害状況図（スケッチ）



写真-8・27 伯太町須山②（須山①より撮影）



写真-8・28 伯太町須山②：崩落土砂

(10) 伯太町須山③ (図-8・13、写真-8・29)

斜面の上部は畑であり、斜面高さは5 m、勾配は60～70°である。

延長6～7 m程度にわたり斜面上部の畑にクラックが発生した。地質は須山①と同じ流紋岩質～石英安山岩質凝灰岩と思われるが露頭はない。斜面方位は西向きである。

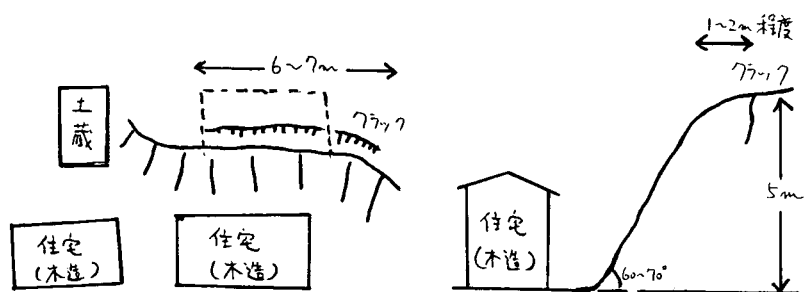
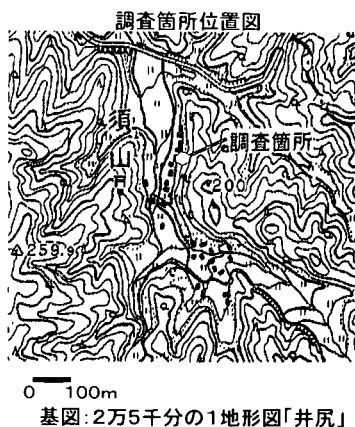


図-8・13 伯太町須山③の災害状況図 (スケッチ)



写真-8・29 伯太町須山③

(11) 伯太町井尻上町 (図-8・14、写真-8・30～8・32)

台地状地形の縁辺部の斜面に設置された急傾斜地崩壊防止施設のブロック積擁壁背後の表層の沈下である。斜面方位は西北西向き、斜面高さは19mで、下部はモルタル吹付で高さ約11m、その上がコンクリート擁壁で高さ約2m、その上部がブロック積み擁壁で高さ約2～3m×2段である。

最上部の擁壁の背後の墓地には擁壁から2～3mの位置に延長約10mにわたりクラックが発生している。その背後にはクラックなどは見られないことから、擁壁背面の埋戻し土あるいは盛土の局所的な変動と考えられる。

なお、連続する台地状斜面にある社務所のブロック積み擁壁の背後2～3mの位置にもクラックが連続的に発生している。

露頭はないが地質図では流紋岩～石英安山岩及び同質火砕岩の分布地域にあたる。

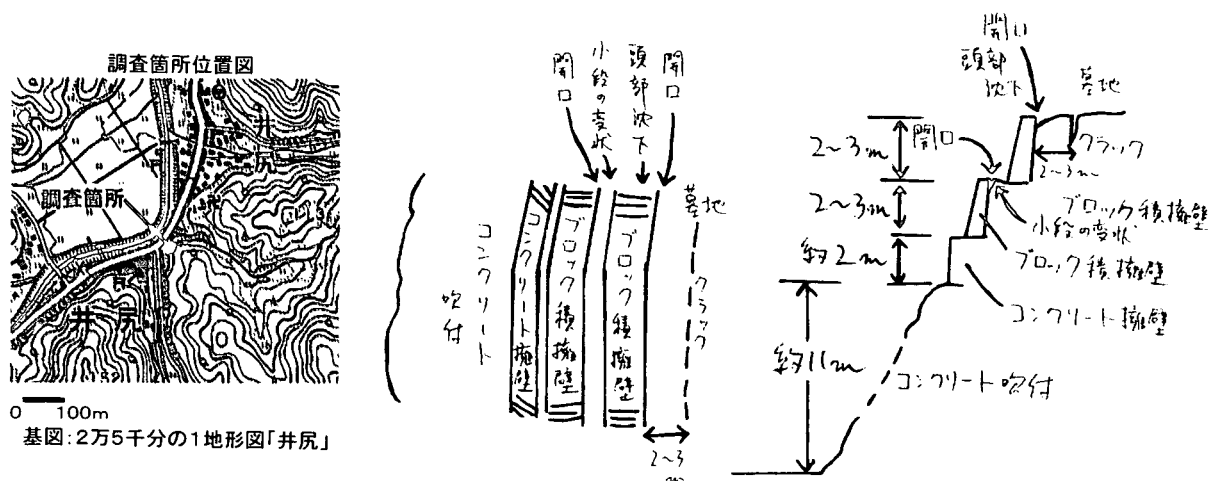


図-8・14 伯太町井尻上町の災害状況図 (スケッチ)



写真-8・30 伯太町井尻上町



写真-8・31 伯太町井尻上町：擁壁小段の沈下変状
擁壁背面の埋戻し土あるいは盛土の沈下の影響と考えられる。



写真-8・32 伯太町井尻上町：斜面上部の墓地に生じたクラック

(12) 伯太町安田 (図-8・15、写真-8・33)

のり杵工の隣接部ののり肩から約2mの畑の中に長さ3m、深さ0.5m程度のクラックが発生した。斜面高さは9m、勾配は約70°、斜面方位は南向きである。クラック発生部分の前面は古い崩壊跡となっている。

花崗岩の分布地域に相当し、クラック部分で表土(厚さ10~20cm程度)の下にまさ土が見られた。

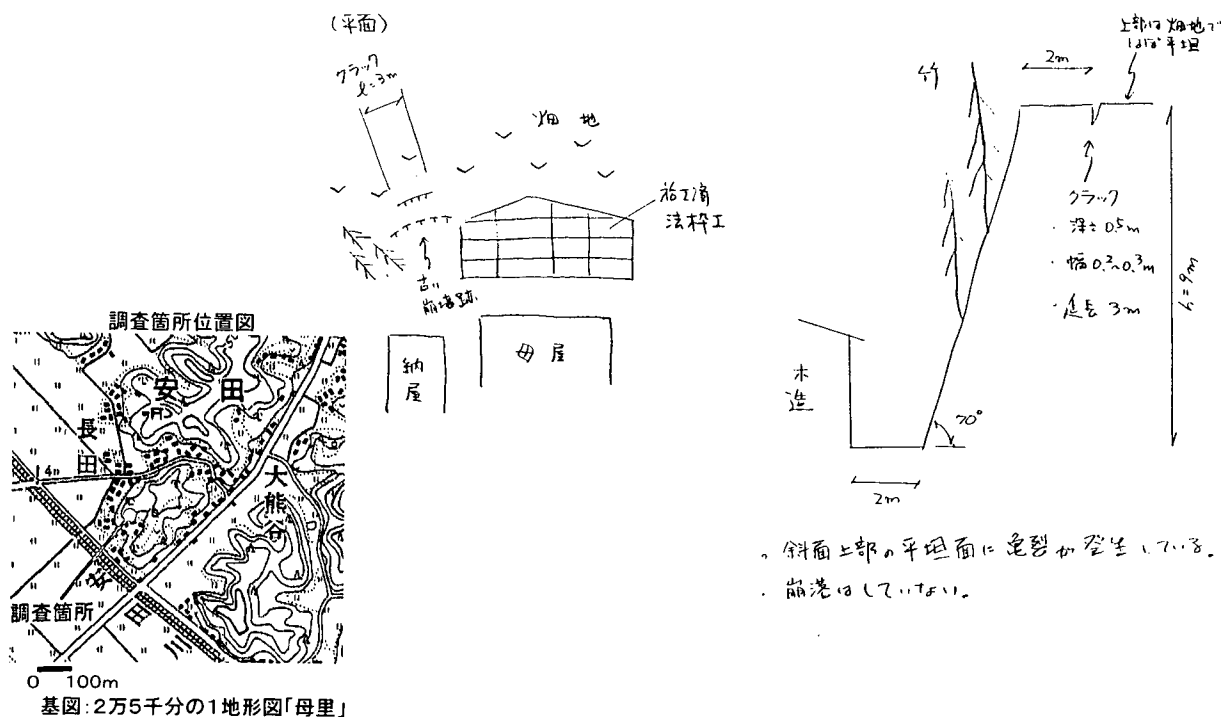


図-8・15 伯太町安田の災害状況図 (スケッチ)



写真-8・33 伯太町安田：斜面上部の平坦地（畑）のクラック

(13) 安来市赤崎① (図-8・16、写真-8・34)

斜面高さ約11m、勾配約80°の南向きの風化花崗岩の切取斜面において崩壊幅3m程度、崩壊土砂量4～5m³程度の崩壊が2箇所が発生した。斜面と人家との距離は約10mである。住民の話によると過去にも崩壊した経歴がある。

なお、斜面には防空壕が3箇所で開催されている。また、斜面を構成している風化花崗岩は手で碎けるほど風化が進んでいる。

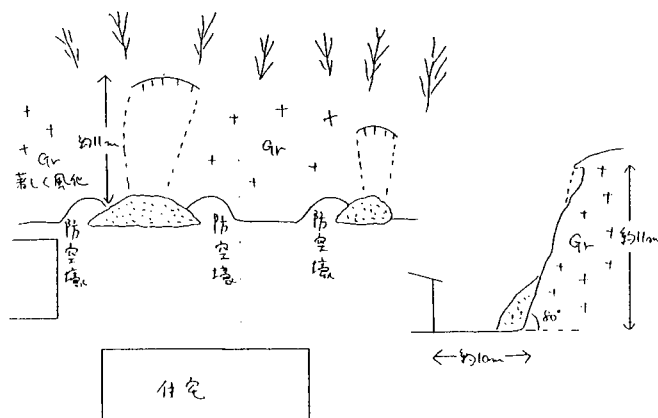
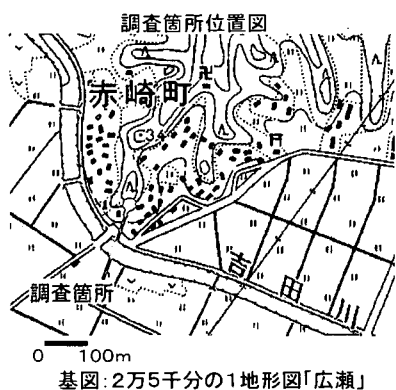


図-8・16 安来市赤崎①の災害状況図 (スケッチ)

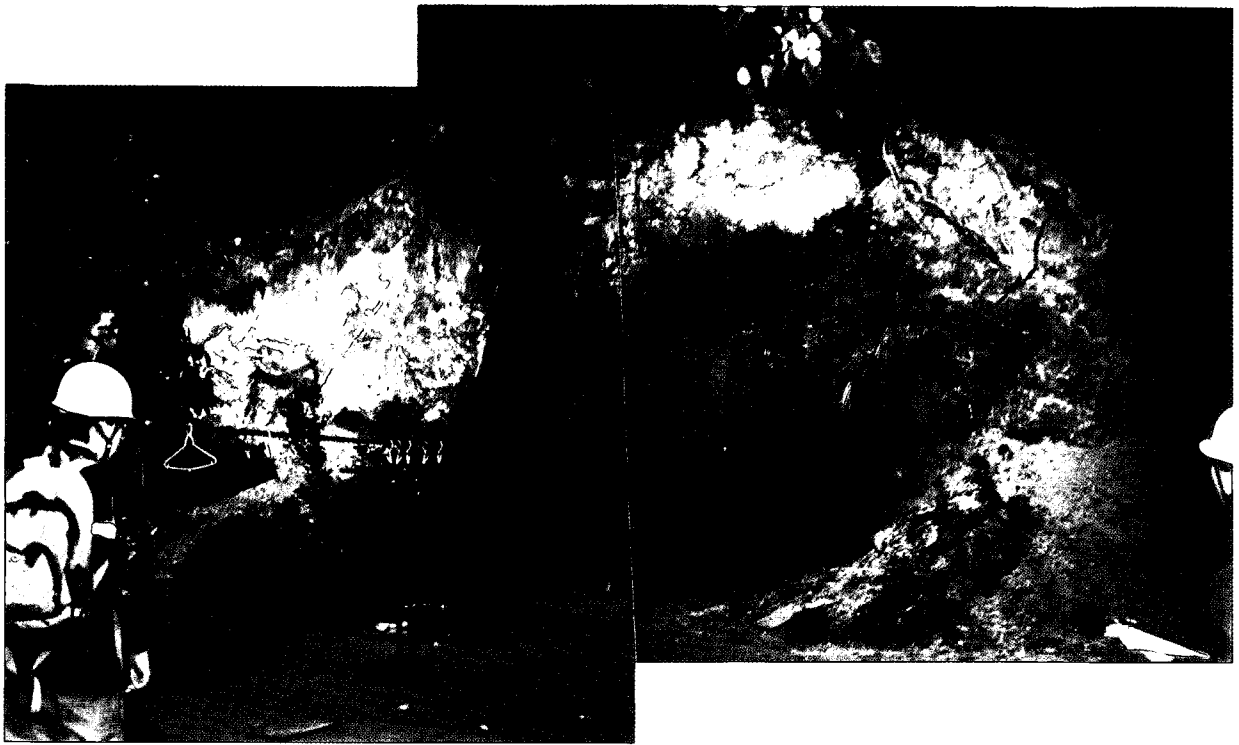


写真-8・33 安来市赤崎①

勾配約 80° の急斜面のオーバーハング部からの崩落。風化花崗岩の急崖ではあるが、防空壕が掘られていることからもうかがえるように、手で碎けるほど風化が進んでいる。崩落土砂はまさ土の状態であった。

(14) 安来市赤崎② (図-8・17)

斜面高さ約14m、勾配約 80° の東南東向きの風化花崗岩の斜面であり、斜面の上の平坦地は墓地になっている。斜面を構成している風化花崗岩は手で碎けるほど風化が進んでいる。

斜面上部から幅4m程度の崩落が発生した。崩壊土砂量は $5 \sim 6 \text{ m}^3$ である。さらにその隣接した墓地内のり肩から2m程度の位置に亀裂が数m程度発生しており、拡大の可能性が高いと考えられた。

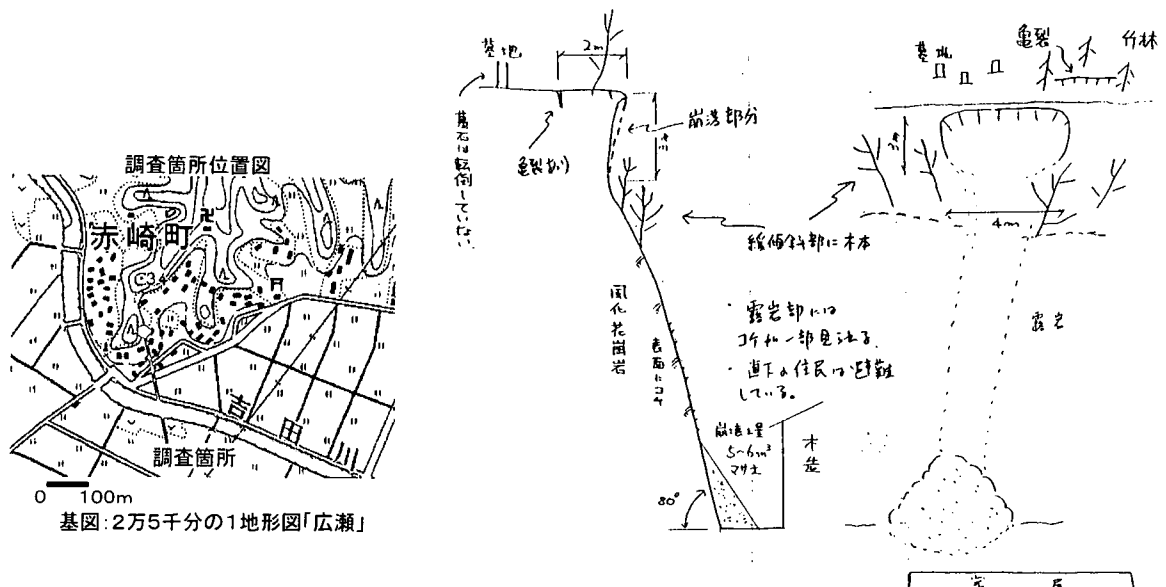


図-8・17 安来市赤崎②の災害状況図 (スケッチ)

8.8 まとめ

鳥取県西部地震によるがけ崩れなどの土砂災害の発生状況と警戒避難体制の状況を調査した。崩壊の規模は小規模のものが多かった。また、土砂災害による被害は人的被害がないなど比較的小さい。しかしながら、崩壊に至らない亀裂の発生が見られたことから、降雨等により崩壊が発生し被害が拡大することが懸念される。既に地震発生前に比べて少ない雨量で土砂災害の発生が見られる。地震後の降雨による崩壊発生雨量の検討など警戒避難体制の整備が重要である。

引用文献

- 1) 建設省中国地方建設局「中国地方土木地質図・同解説書」, 1984年3月.
- 2) 建設省国土地理院記者発表資料「平成12年10月6日鳥取県西部地震の断層運動を解明」. 建設省国土地理院ホームページ, 2000年10月7日記者発表.
- 3) 落合博貴・北原曜・三森利昭・阿部和時: 地震による山腹斜面崩壊と地震時応答解析. 兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩壊研究報告書, 地すべり学会, 1995年10月.
- 4) 建設省土木研究所砂防部急傾斜地崩壊研究室・機械施工部動土質研究室「千葉県東方沖地震による斜面崩壊地調査」, 土木研究所資料第2824号, 1990年3月.
- 5) 日本道路協会「落石対策便覧」, 2000年6月.

9. 下水道施設

9.1 被害の概要

鳥取県西部地震による下水道施設への主な被害は、表-9.1のとおりである。鳥取県の西部地方の米子市・境港市・淀江町・西伯町に被害が集中している。鳥取県以外では、最も被害の大きかった米子市に隣接する島根県安来市で污水管渠が延長 240m にわたりたわんだ被害が報告されている。鳥取県西部地域では、市町村が下水道管理者である公共下水道または特定環境保全公共下水道によって下水道の整備が進められている。なお鳥取県が管理する流域下水道は鳥取県中部の天神川流域のみであり、震源から距離が遠かったこともあって、特に目立った被害は生じていない。

鳥取県の下水道普及率は平成 11 年度末現在で 40% となっており、全国平均の 60% を下回っている。特に今回の地震で被害を受けた西部では米子市が 38.2%、境港市が 29.9% と県の平均を下回っている状況であり、今後とも下水道整備が急務の地域である。

地震による震度は、境港市で震度 6 強、西伯町で震度 6 弱、米子市で震度 5 強を記録しており、今回の地震で特に揺れが強かった地域で被害が生じている。しかし同様に震度 6 強を記録した日野町など山間部でも規模は小さいながらも下水道が整備されているが、下水道施設に関する被害は報告されていない。

米子市・境港市等被害の生じた市町は西伯町を除き日本海または中海に面し、地盤は主に砂質土からなっていると考えられる。特に境港市は弓ヶ浜と呼ばれる砂州上に立地している。これらの地盤は液状化を生じやすいと考えられ、そのため被害が集中したのではと当初予測された。しかし、これらの地域で現地調査状況から判断したところ、自然地盤の地区では液状化はほとんど観測されなかった。液状化は、埋立地や埋戻し部など人工的な地盤に集中して生じていたことが今回の地震被害の特徴である（第 5 章参照）。

下水道管渠の被害は、特定の狭い地域に集中している。たとえば米子市の場合、米子港周辺の中海沿いの地域に集中している。（下水道以外の被害も集中しているように思われる。）したがって下水道管渠の被害は人工地盤が液状化したことにより生じたと考えられる。管渠での被害が、釧路沖地震で見られたようなマンホールの浮上やマンホールブロックのずれ、管渠のずれやたわみ等が生じていることは、このことを裏付けている。

複数の下水道終末処理場で液状化により施設周辺地盤の沈下とそれに伴う配管や管廊の破断や場内舗装の破壊が多くみられた。たとえば、境港市下水道センターでは将来増設用地では液状化が認められなかったことから、これらの被害は処理場建設時の掘削埋戻し土が液状化したことによるものと考えられる。下水道終末処理場では基礎杭を有している施設は大きな被害は生じておらず、被害はもっぱら配管や管廊・舗装等であった。

今回の地震による下水道施設の被害は、管渠・下水道終末処理場にとって致命的なダメージを与え下水の処理を不可能にするようなものではなかった。管渠の施設被害は、数日中に仮配管や仮ポンプの設置によりまがりなりにも使用が可能となった。

表-9・1 鳥取県西部地震による下水道施設の被災状況

市町村名	施設名	被災状況
米子市	内浜処理場	最初沈殿池・最終沈殿池・管廊にクラック及び漏水 汚泥濃縮槽と焼却炉の配管破損 送泥管・場内散水管・上水管・工水管等の破損 焼却炉破損 場内舗装破損
	青木処理場	曝気槽配管にずれ 管理棟にクラック 場内舗装破損
	皆生処理場	最初沈殿池汚泥掻き寄せ機の破損 最初沈殿池防食塗装の剥離 反応槽目地開き、水処理棟天井に亀裂
	中央ポンプ場	沈砂・しき搬出路の陥没
	管渠	幹線及び地区整備管 33箇所破損発生 マンホールの破損 92箇所 本管のずれ又は破損による布設替920m、部分補修107箇所 取り付け管の破損 104箇所
境港市	境港市下水道センター	管廊にクラック及び漏水 汚水送水管が破損 工水管の破損 汚水ポンプの軸ずれ 器財倉庫の沈下及び傾斜 場内舗装破損
	管渠	幹線及び地区整備管 6箇所破損発生 人孔の破損 32箇所 本管のずれ又は破損による布設替220m、部分補修5箇所
淀江町	管渠	マンホールの破損 32箇所
西伯町	管渠	本管のずれ又は破損による布設替27m

9.2 箇所別被害状況

本節では、10月8日の緊急調査、および12日、13日の2日間で行った境港市及び米子市内の下水道施設を対象とした被害調査結果の概要を述べる。調査位置図を図-9・1に示す。調査箇所は、境港市では境港市下水道セン

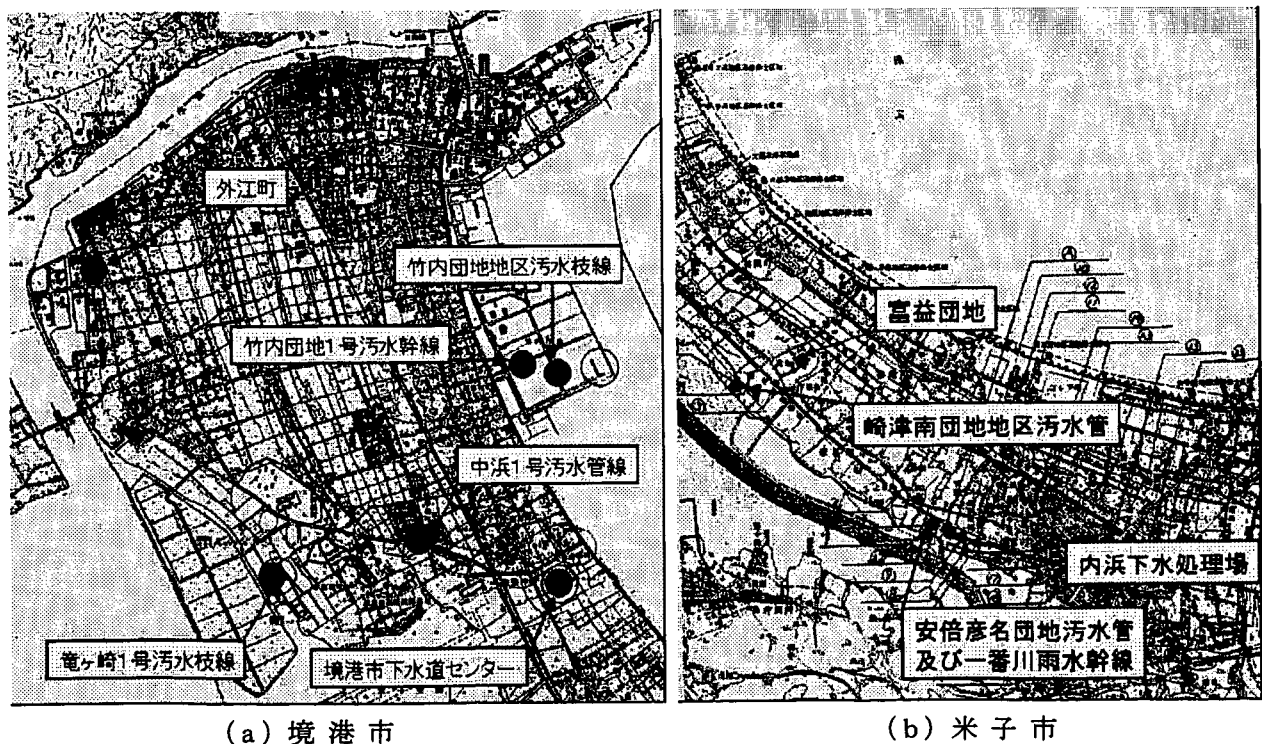


図-9・1 調査位置図

一、竹内団地、幸神町、中浜畜産団地及び外江町の1処理場4地区、米子市では内浜下水処理場、安倍彦名団地、富益団地及び崎津団地の1処理場3地区である。

以下に被害状況について調査した箇所毎に述べる。

9.2.1 境港市竹内団地

団地内には東西に走る竹内団地1号污水幹線、南北に走る竹内団地地区污水枝線が布設されていた。境港市竹内団地は埋立地であり、団地内全域にわたり大規模な液状化が発生し、管延長約1,600mにわたりマンホールが地上部へ突出していた。

竹内団地地区污水枝線では、周辺に噴砂が所々見られ周辺地盤は液状化したようであるが、マンホールと歩道部の路面との相対変位は数cm程度と小さかった。マンホールから污水の流下が確認できたことから、管路の流下機能には支障はないようであった(写真-9・1~9・3)。

竹内団地1号污水幹線では、周辺地盤も激しく液状化しており、マンホールが大きく地上部へ突出していた。路面との相対変位は最大20cm程度であった(写真-9・4, 9・5)。なお、境港市のテレビカメラによる調査等によると、竹内団地1号污水幹線ではマンホール躯体のずれ、および管渠のずれ、たるみ、破損等の被害が生じているとのことであった。

9.2.2 境港市幸神町

県の調査によると、幸神町内を通る県道47号線に沿って埋設されている中浜1号污水幹線で、マンホールの損傷が14箇所で見られている。今回の道路上からの目視による調査では特に変状は見られなかった(写真-9・6)。また、調査地点の周辺地盤においても噴砂等の液状化の痕跡は見られなかった。マンホールと路面には若干の高低差(約3cm)があったが、境港市の担当者によると、これは常時の不同沈下によるものではないかということであった。

9.2.3 境港市中浜畜産団地

中浜畜産団地内に布設されていた竜ヶ崎1号污水幹線では、1箇所マンホールの突出が見られた。マンホールと歩道との高低差は22cm程度であった(写真-9・7)。マンホールのある付近は住宅造成地であるが、周辺地盤では噴砂等の液状化の痕跡は見られなかった。被害を受けたマンホール近傍の歩道が沈下しており、また、車道の路面がマンホールの側に変位していた(写真-9・8)。周辺地盤において液状化の痕跡が見られないことから、突出の主な原因は埋戻し部分の土砂が液状化したことによるものと推測される。境港市の目視調査によると、管のたわみにより管路の流下機能に支障が生じているとのことであった。

9.2.4 境港市外江町

町内の道路直下部に埋設されている幅3m×高さ1.5m程度のコンクリート製雨水暗渠とその周辺との間に、延長300m程度にわたって路面に亀裂・段差が生じていた(写真-9・9)。雨水暗渠の埋設深はきわめて浅く、暗渠(ボックスカルバート)上板に直にアスファルト舗装がなされているとのことであった。段差は最大で8cm程度であった。外江町は埋立地であり、周辺地盤では噴砂が見られ(写真-9・10)、液状化が生じたと考えられる。液状化により周辺地盤に沈下が生じており、近傍にある杭基礎構造物と考えられる建物と地盤表面との相対変位は約5cm程度であった(写真-9・11)。これらのことから、段差の主な原因は、周辺地盤の液状化による沈下であると考えられる。

9.2.5 境港市下水道センター

境港市下水道センターでは、処理場の建屋、水処理槽施設の周辺地盤で最大 40cm 程度の沈下が生じていた（写真-9・12、図-9・2 参照）。これは、施設の建設の際に掘削して埋戻しを行って施工されるが、この埋戻し部が液状化して沈下したものと考えられる。ポンプ棟周辺においても周辺地盤が沈下し、それに伴い汚水ポンプ送水管の埋設部が地盤と共に沈下し、ポンプ棟と直埋設部との境界で可とう管の破断が見られた（写真-9・13）。処理場内の管廊では数カ所の継ぎ目地より地下水の流入が生じ（写真-9・14）、上方地盤は周辺地盤と 50cm 程度の相対変位が生じていた（写真-9・15、図-9・2 参照）。管廊が浮き上がったか、あるいは周辺地盤が相対沈下しただけなのかは現時点では不明である。

また管廊近傍の機材倉庫は支持地盤の液状化による地盤沈下により、管廊の埋設されている方向に傾斜した（写真-9・16）。また、これらの被害はいずれも液状化による地盤沈下が原因と考えられるが、沈下の範囲やその周辺地盤の状況から推測すると埋戻し部の液状化によるものと考えられた。

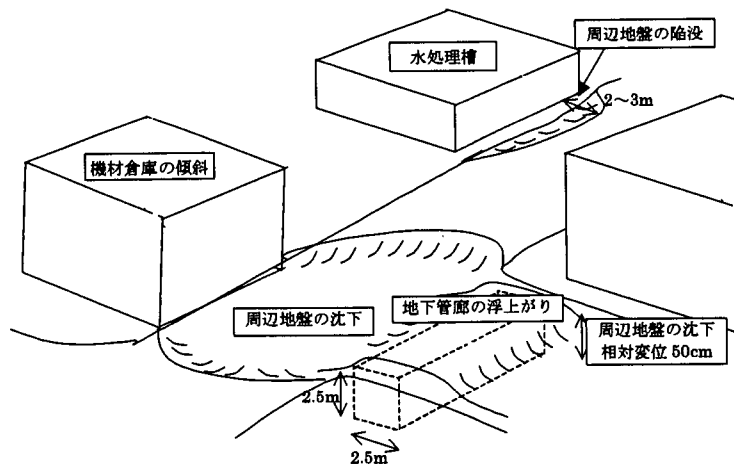


図-9・2 境港市下水道センターの被害模式図

9.2.6 米子市安倍彦名団地および内浜下水処理場

安倍彦名団地および内浜下水処理場は埋立造成地に建設され、1986 年頃から利用されている。団地内では、民家の庭先やアスファルト路面のクラックから噴砂跡がいたる所で見られ（写真-9・17、9・18）、また、周辺の団地内の市営住宅では地震前の地盤高と比べて約 20cm 程度の地盤沈下が見られた（写真-9・19）ことから、埋立地全体が液状化したものと考えられる。

団地内を流下する一番川雨水幹線が車道下部に埋設されていたが、これが隆起したことによると考えられる道路の起伏が生じていた。暗渠は幅 1.5m×高さ 1.5m のボックス型であった。暗渠が埋設されている車道と周辺の歩道の相対変位は約 20cm 程度であった（写真-9・20）。

安倍彦名団地污水管では、本管損傷および取付管の漏水等の被害が生じたが、マンホールの突出等はなく、また、マンホールから汚水の流下を確認できたことから（写真-9・21）、管渠の流下機能に問題は生じていなかった。

内浜下水処理場では処理場の建屋、水処理施設等の周辺地盤に約 25cm 程度の沈下が生じていた（写真-9・22）。これにより建屋と接続されていた給水管及び排水管の破断、電気設備基礎の沈下破損等の被害が生じた。処理場は

埋立地にあり、これらの被害は、埋立部の液状化により地盤が沈下して生じたものと考えられる。

汚泥濃縮槽ピット部においても周辺地盤が沈下し、それに伴い地下に埋設されている汚泥濃縮槽ピット部に接続されていたパイプが破断した。破断箇所よりピット内に土砂が流入し、ピット内は土砂で埋まっていた。このため2槽ある濃縮槽の内1槽が使用不能となっていた（写真-9・23、9・24）。

水処理施設の躯体内では、水処理管廊の目地開きにより地下水の流入が生じ（写真-9・25）、その他躯体のクラックによる地下水の漏水箇所が3箇所で見られた。

9.2.7 米子市富益団地

富益団地はため池を埋め立て造成したものである。団地内は至る所で噴砂の痕跡が見られ、埋立地全体が液状化したものと考えられる。団地内の処理施設敷地内では、周辺地盤が地震前の地盤位置と比べて約15cm程度沈下していた（写真-9・26）が、処理施設に機能上の問題はなかったようである。また、団地内のマンホールとマンホールの間の路面が周辺地盤との相対変位で約30～40cmほど隆起していた（写真-9・27）。この団地内ではマンホールが突出している箇所はなかったが、隆起した路面下の管渠が破断して流下機能に支障をきたしたため、調査時点では緊急的に管渠の布設替えを行っていた。復旧工事の状況から、管の縦断方向に亀裂が入っていたのが確認できた（写真-9・28）。また、管路の埋戻し材には玉石混じりの砂の現場発生土が用いられていたようであり、埋戻し部も液状化したと考えられる。

9.2.8 米子市崎津団地

崎津団地は埋立地であり、団地全域に液状化が発生した（写真-9・29、9・30）。崎津南団地地区污水管のマンホール内を調査した結果、マンホールの蓋から約2m程度下部の躯体接合部にずれが生じ地下水が漏水していたが、汚水は流下しており機能上に問題はないようであった（写真-9・31）。その近傍のマンホール1箇所が路面から相対的に約10cm程度突出していた（写真-9・32）。突出したマンホール周辺の路面や地盤では、マンホールの突出に伴う起伏等の変状は特に見られなかった（写真-9・33）。

9.3 まとめ

以上、今回の地震による下水道施設の被害の特徴として、今回の調査の範囲では、被害を受けた施設の多くが埋立地に設置されており、さらに周辺では噴砂等の液状化の痕跡が見られたことから、地盤の液状化による被害が多いことがあげられる。また、埋戻し土の液状化が原因として考えられる被害も一部見られた。



写真-9・1 竹内団地地区污水枝線における
マンホールの状況
(歩道の横断クラックからの噴砂が見られる。)



写真-9・2 竹内団地地区污水枝線周辺部
(駐車場が広範囲にわたり噴砂で覆われている。)

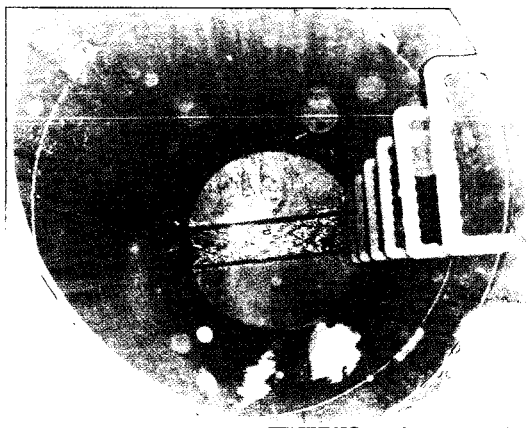


写真-9・3 竹内団地地区污水枝線マンホール内部の状況
(管渠の流下機能には問題がないようである。)



写真-9・4 竹内団地1号污水幹線における
マンホール①
(路面との相対変位で約22cm程度あった。)



写真-9・5 竹内団地1号污水幹線における
マンホール②
(同上、水平から撮影。)

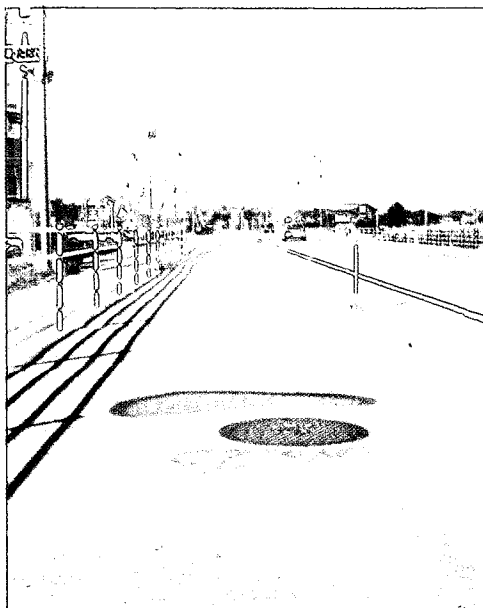


写真-9・6 中浜1号汚水幹線におけるマンホールの状況

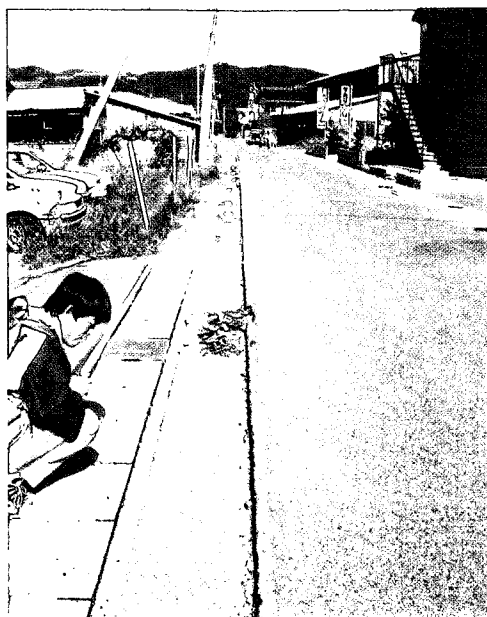


写真-9・9 外江町内道路の段差

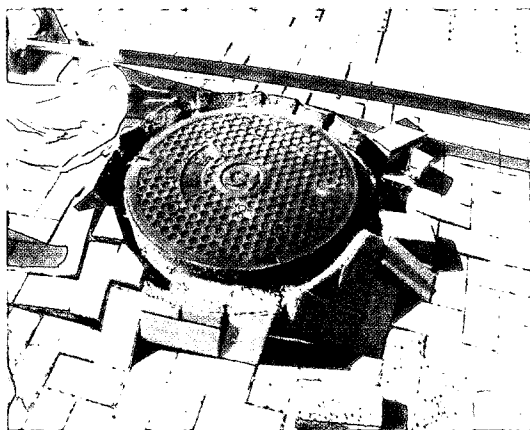


写真-9・7 竜ヶ崎1号汚水幹線の突出したマンホール



写真-9・10 段差周辺部の噴砂跡

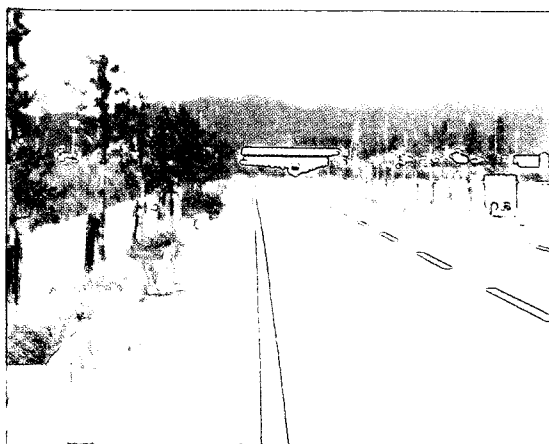


写真-9・8 突出したマンホール近傍の道路
(路側車線の一部区間が歩道側に寄っている。)

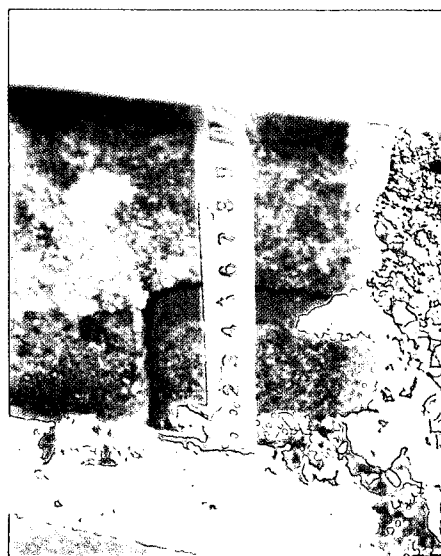


写真-9・11 建物と周辺地盤の変位

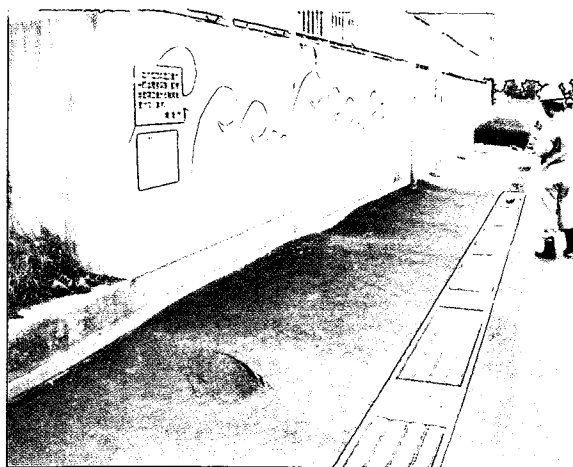


写真-9・12 液状化による処理場周辺地盤の沈下



写真-9・15 管廊上方地盤の変状

（管廊は写真の左右方向に走っており、
その直上地盤だけが周辺地盤に比べて高い。）

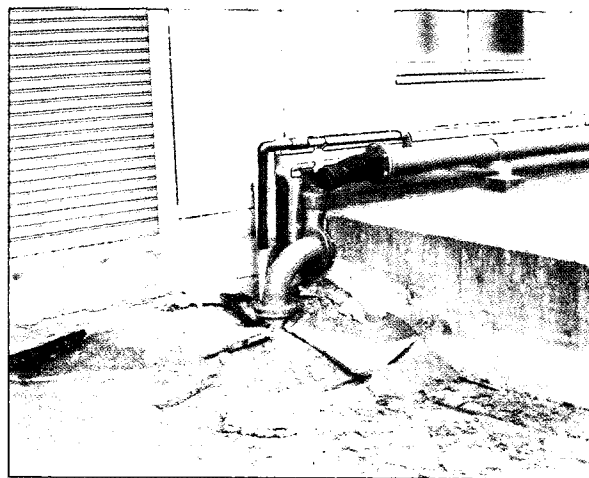


写真-9・13 汚水ポンプ送水管の可とう管の破断

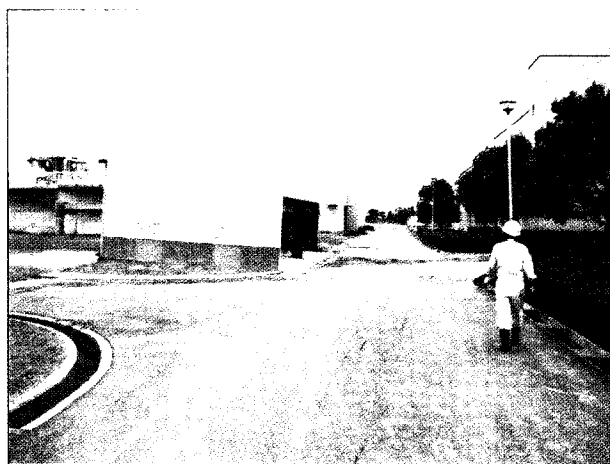


写真-9・16 地盤沈下による機材倉庫の傾斜



写真-9・14 処理場内管廊の目地ずれ

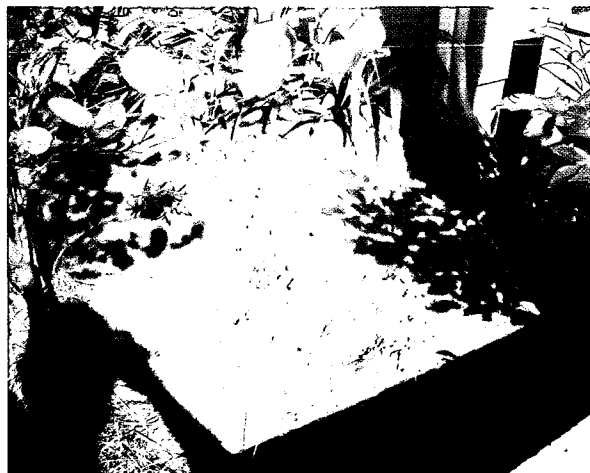


写真-9・17 団地内の民家庭先における噴砂跡



写真-9・18 道路のクラックより噴砂した跡

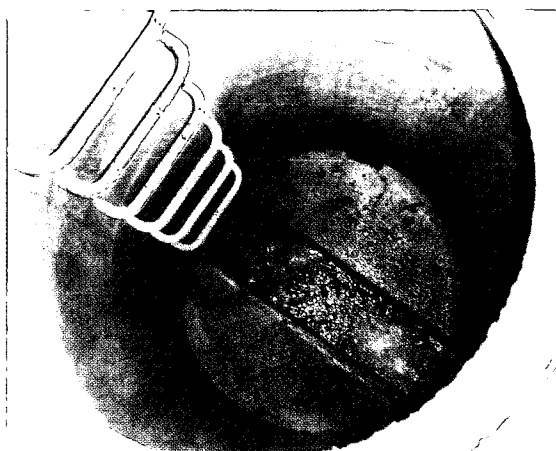


写真-9・21 安倍彦名団地污水管のマンホール内の状況

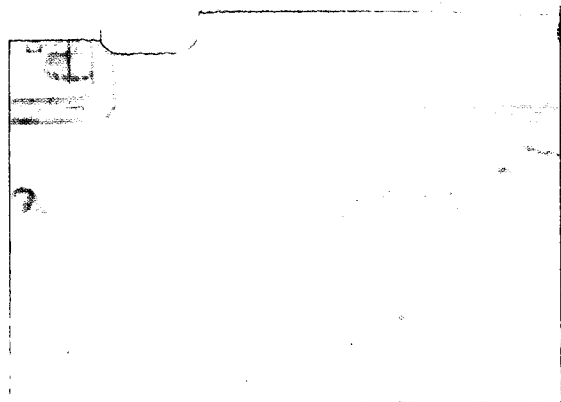


写真-9・19 市営住宅基礎部における地盤沈下の状況



写真-9・22 処理場内における地盤沈下の状況



写真-9・20 道路縦断方向に発生したクラックから発生した噴砂跡

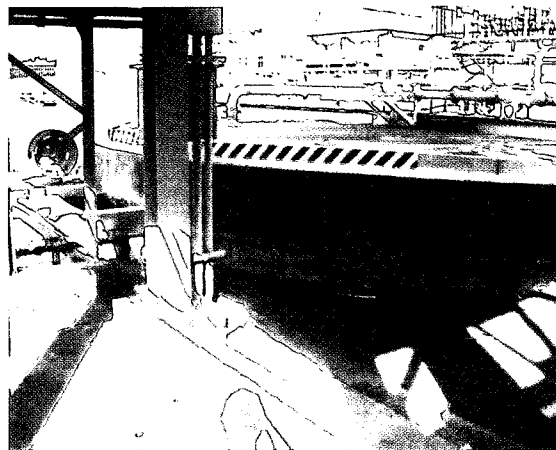


写真-9・23 濃縮槽ピット周辺の地盤沈下

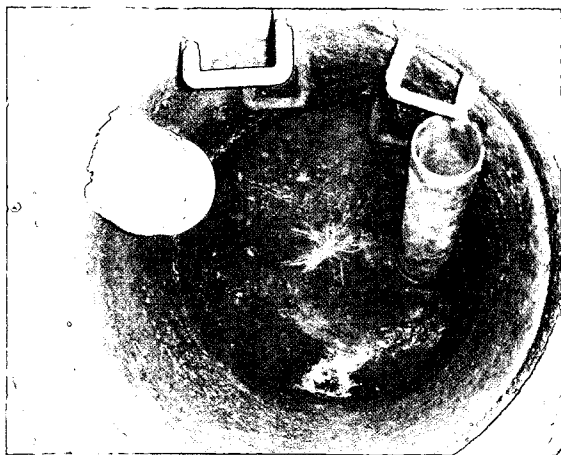


写真-9・24 濃縮槽ピット内の状況



写真-9・27 管渠の敷設替え現場近傍の道路の状況

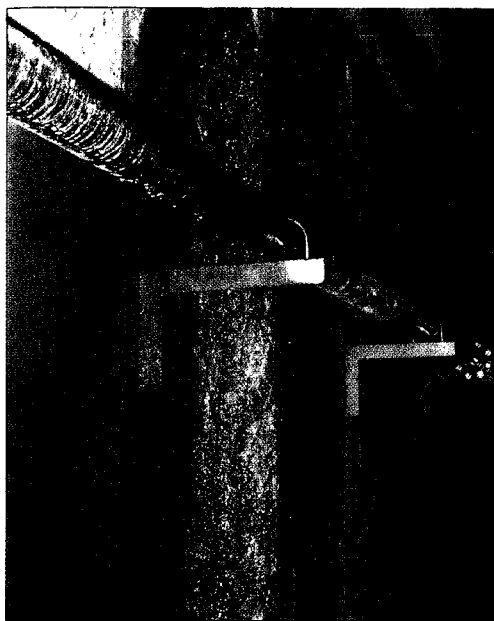


写真-9・25 水処理管廊目地の漏水状況



写真-9・28 管渠の縦断方向に発生していたクラック
(写真黄色囲みにクラック)

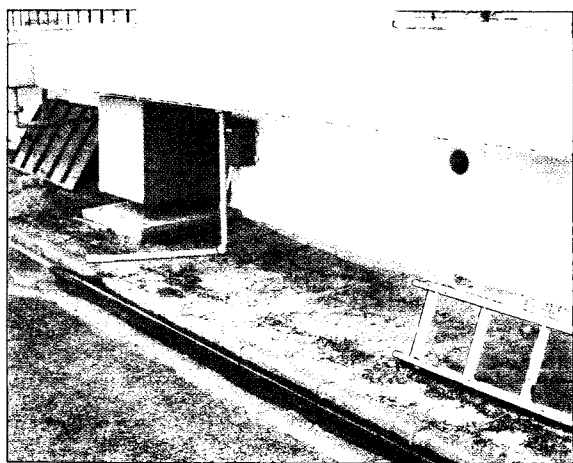


写真-9・26 団地内処理施設敷地内における地盤沈下

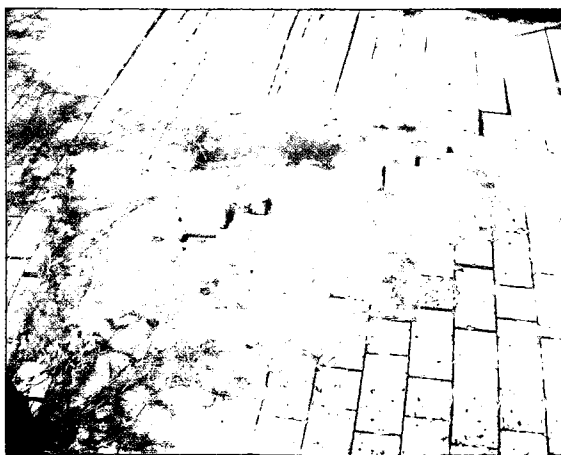


写真-9・29 歩道部タイルの開いた目地より発生した噴砂跡

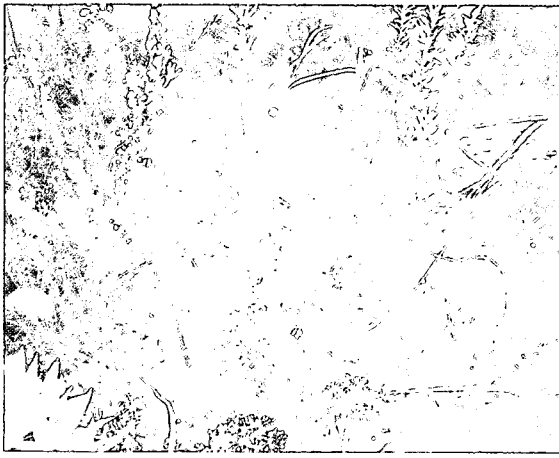


写真-9・30 突出したマンホール近傍の噴砂跡

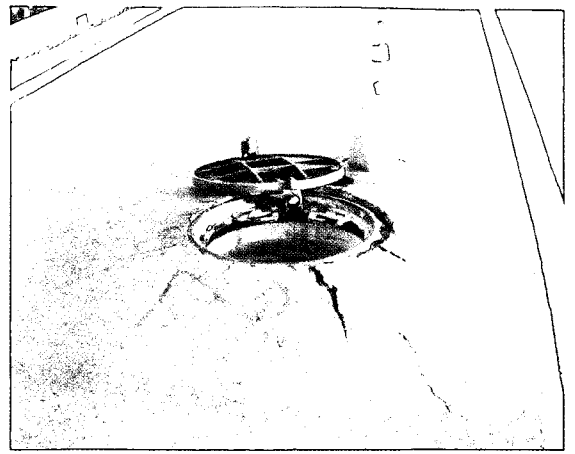


写真-9・32 崎津団地内で発生したマンホールの突出

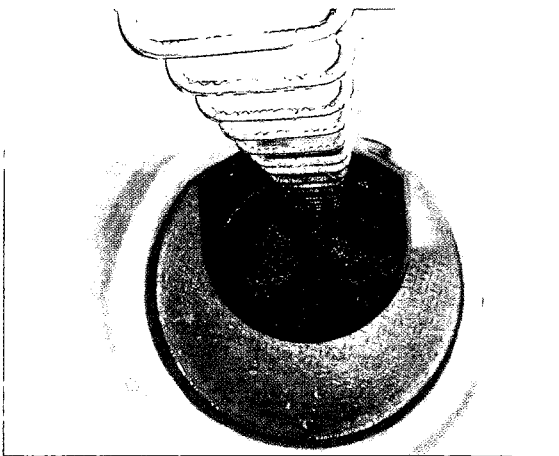


写真-9・31 マンホール内躯体接合部からの漏水

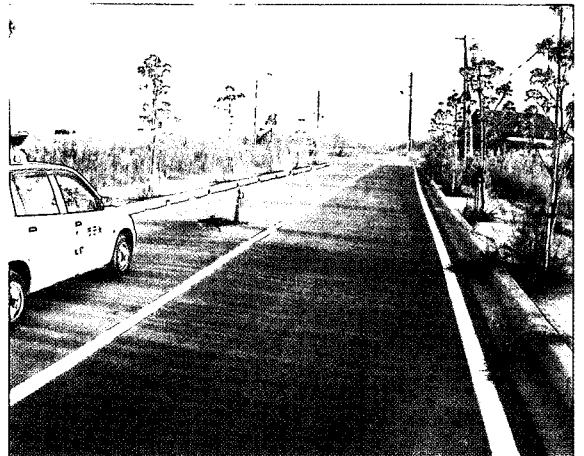


写真-9・33 突出したマンホール近傍の道路の状況

10. 復旧・救援体制

10.1 概要

今回の地震では重傷を負われた方はいるものの亡くなられた方はいなかったり、火災は発生しなかったりと地震の大きさに比べ比較的被害が大きくなかったことが特徴であった。また、関係機関の迅速な対応、市民の冷静な行動により震後の様々な対応に大きな混乱が見られなかったことも指摘できる。本章では、地震発生後の関係機関の対応、ライフライン及び交通機関の復旧の状況について述べる。

10.2 災害への対応

10.2.1 政府

政府は、地震発生直後、13時35分に官邸危機管理センターに官邸対策室を設置した。また、13時55分には総理大臣、内閣官房長官、国土庁長官等をメンバーとする緊急参集チーム会議を開催した。政府災害対策関係省庁連絡会議に関しては、15時30分から第1回会議を開催し、関係機関の緊密な連携等を確認するとともに、19時から第2回会議を開催し、各省庁の情報の共有化等を図った。また、地震発生当日には国土総括政務次官が現地視察を行うとともに、翌10月7日には国土庁長官兼建設大臣を団長とする16省庁31名の政府調査団を現地へ派遣した。

10.2.2 関係省庁

消防庁、警察庁等関係省庁では、地震発生後直ちに災害対策本部等を設置した。また、ヘリコプターや航空機、船舶、援助隊、救護隊等を被災地域へ派遣し、情報の収集、警戒活動、救援活動等に当たった。

自衛隊に関しては、鳥取県知事から災害派遣の要請が地震発生当日の10月6日14時29分にあり、10月18日の災害派遣についての撤収要請があるまで、給水、給食等の支援活動等を行った。島根県知事からは、給水支援に関する災害派遣の要請が10月7日にあり、島根県能義郡伯太町にて給水支援を実施した。10月17日に撤収する迄の自衛隊の被災派遣規模は表-10・1の通りである。

表-10・1 自衛隊災害派遣規模

活動実績		活動規模	
給水支援	約 120 トン	人員	約 1,787 名
給食支援	約 3,800 トン	車両	約 433 台
入浴支援	約 695 人	航空機	53 機

出典：国土庁ホームページ

10.2.3 建設省

建設省においては、鳥取県を管内に有する中国地方建設局が地震発生直後に非常体制を、また、建設本省が緊急体制をそれぞれ敷き対応に当たったほか、中部、近畿、四国、九州の各地方建設局、国土地理院、土木研究所においても体制を構築し、情報の収集や対応に当たった。また、建設本省関係課室の係官及び土木研究所の専門家を現地に派遣した。そのほか、広域的支援の一環として、関東、近畿、九州各地方建設局が所有するヘリコプター計3機（おおぞら、きんき、はるかぜ）を現地へ派遣し、災害状況の調査を実施、ヘリコプターから撮影した画像を首相官邸及び国土庁へ配信した。中国地方建設局では、鳥取県災害対策本部からの支援要請を受け、保有する散水車5台を鳥取県へ派遣し給水活動を支援したほか、排水管清掃車や側溝清掃車を鳥取県境港市へ派遣し道路に堆積した液状化流出土砂の除去作業を支援した。

土木研究所においては、担当官を現地へ派遣し緊急調査を実施した。また、国土地理院では、余震活動の監視強化のため GPS 観測を強化するとともに、断層に関する調査を人工衛星を利用して実施した。

10.2.4 地方公共団体

地震発生後、13 時 30 分に鳥取県において県知事を本部長とする災害対策本部が設置されたほか、島根県、岡山県、広島県、香川県及び徳島県においても災害警戒本部が設置されるなど対応がなされた。

地震発生当日、鳥取県内 2 市 4 町、島根県内 1 市 1 町に災害救助法が適用され、避難所の設置、炊き出しその他による食品や飲料水の供与、被服、寝具その他生活必需品の給与又は貸与及び災害にかかった住宅の応急修理が行われた。災害救助法を適用された市町村は

表-10・2 の通りである。

表-10・2 災害救助法を適用された市町村

消防団は、発災直後から、給水、二次災害防止、復旧、巡回等の活動に従事した。10 月 6 日から 10 月 30 日までの期間に、延べ人員で鳥取県 2,502 名、島根県 1,753 名、岡山県 407 名などとなっている。

鳥取県	米子市、境港市、西伯郡西伯町、西伯郡会見町 日野郡日野町、日野郡溝口町
島根県	安来市、能義郡伯太町

出典：国土庁ホームページ

10.3 地震後の復旧活動及び講じられた対策・措置

10.3.1 生活の確保

(1) 電力

電力に関しては、地震により、一時、鳥取県日野郡溝口町、江府町、日野町、日南町、西伯郡岸本町の各町各々の一部で 9,277 戸、島根県松江市内の一部 5,109 戸及び岡山県岡山市内、邑久郡牛窓町、御津郡御津町の各々の一部で 3,016 戸の合計 17,402 戸において停電が発生したが、いずれも 2 時間以内の短時間で復旧した。なお、島根県八束郡鹿島町の中国電力島根原子力発電所では施設の損傷は見られなかった。

(2) ガス

ガスに関して、製造設備や供給設備については被害がなかった。島根県内では地震により都市ガスや LP ガスの供給が約 3,900 戸で自動停止したがほとんどは翌日までに復旧した。

(3) 水道

水道については、鳥取県で 2 市 10 町、島根県 4 市 10 町 1 村、岡山県 2 市 2 町 1 村、広島県 1 市 1 町、山口県 2 町、香川県 1 町で被害が生じた。このうち、鳥取県では 5,744 戸で断水が生じたが 10 月 18 日までにすべて復旧した。

(4) 電話

NTT 西日本に関しては、安否確認等の電話による輻輳が発生したため、鳥取県、島根県、広島県の一部及び山口県の一部について着信規制を実施したが、10 月 6 日 23 時 30 分までに解除された。また、10 月 6 日 14 時 30 分より災害用伝言ダイヤルを開設し便宜を図った。長距離通信事業者に関しては、KDDI の光ケーブルが破断し、米子・松江地区の市外・国際通話及び専用線 22 回線、データ伝送サービス回線 116 回線が不通になった。これに対しては回線を迂回させることにより 10 月 7 日 3 時 31 分に全ての地域で復旧した。

移動体事業者に関しては、関西、中国、四国、九州方面の電話が輻輳し、一時発着信規制が実施された。また、一部事業者において基地局の停波が生じたが10月6日18時40分までに全て復旧した。

10.3.2 交通の確保

高速自動車国道に関しては、米子自動車道において路面に段差や亀裂が発生したり、トンネルの覆工の剥離が生じたりしたため、一部区間が通行止めされた。また、有料道路においては安来道路でボックスカルバート部の段差が生じた。これらについては、いずれも10月7日朝までには交通開放された。

新幹線に関しては地震直後浜松～新岩国間で運転を見合わせたが、線路点検の終了後、徐々に運転を再開し、17時25分からは全線で運転を再開した。JR 伯備線では線路脇の山腹が崩壊するなどの被害が生じたが、10月10日午後に運転を再開した。

米子空港では滑走路に亀裂が生じ、10月6日13時35分より10日15時01分まで滑走路が閉鎖されたが、補修を行い10月11日より通常通りの就航となった。出雲空港では空港ターミナルビルに出入り口の沈下の被害があったが通常通りの運行を確保した。

10.3.3 その他

中小企業者への支援策として、通商産業省では、鳥取県及び島根県の政府系中小企業金融三機関（中小企業金融公庫、国民生活金融公庫、商工組合中央金庫）に相談窓口を設置するとともに、災害復旧貸付の適用といった措置等を講じた。地方財政措置としては、鳥取県、島根県及び岡山県の合計12団体に対し、普通交付税の一部を繰り上げて交付する措置がとられた。措置がとられた団体は表-10-3の通りである。

また、農林水産業関係について、鳥取県では、米子市及び境港市の干拓地で液状化によりにんじん畑やねぎ畑の冠水、強い揺れによるなしやリンゴの落下が生じた。境港魚市場では一部の岸壁に亀裂が入り使用不能となったが、他の岸壁を利用することで通常どおり境港に水揚げが行われた。農林水産省ではこのような被災状況に対し、被災した農林水産業者に対する既貸付金の償還猶予等について関係金融機関を指導する等の措置を講じた。

表-10-3 交付税の繰り上げ交付された団体

鳥取県	米子市、境港市、西伯郡西伯町、西伯郡会見町、西伯郡岸本町、日野郡日野町、日野郡溝口町、日野郡日南町、日野郡江府町
島根県	安来市、能義郡伯太町
岡山県	新見市

出典：国土庁ホームページ

参考資料

- 1)国土庁ホームページ <http://www.nla.go.jp>
- 2)消防庁ホームページ <http://www.fdma.go.jp>
- 3)鳥取県ホームページ <http://www1.pref.tottori.jp>
- 4)島根県ホームページ <http://www.pref.shimane.jp>

11. あとがき

今回の地震は、鳥取県においては1943年以来の大規模な地震であった。また、本年は1995年兵庫県南部地震からは5年目にあたるが、7月には新島・神津島近海の群発地震による被害も発生するなど、改めて地震に対する備えの必要性を喚起することとなった。

今回の地震では、内陸の震源域に近い地域で多数の家屋が被害を受け、斜面崩壊が多発した。また、海岸部においては、液状化による各種の被害が発生した。ただし、犠牲者がなかったことは不幸中の幸いであった。

本報告書は、地震発生直後より、土木研究所が数次にわたり派遣した現地調査団による調査結果をとりまとめたものである。併せて、当該地における関係諸機関より御提供いただいた災害等資料も活用させていただいた。本報告書は災害実態の報告にとどまっている。今後、必要に応じて調査分析を行うこととなるが、それらについては別途報告することとなる。

謝辞

鳥取県西部地震の現地調査及び本報告の執筆にあたり、鳥取県土木部道路課、同河川課、同砂防利水課、同都市計画課下水道室、鳥取県米子土木事務所、同根雨土木事務所、島根県土木部砂防課、島根県広瀬土木事務所、境港市建設部下水道課、建設省中国地方建設局出雲工事事務所、同日野川工事事務所、気象庁、財団法人日本気象協会、(株)応用地質、(株)ダイヤコンサルタントからご提供いただいた資料を活用させていただきました。また、鳥取県土木部砂防利水課、鳥取県根雨土木事務所、鳥取県米子土木事務所、島根県土木部砂防課、島根県広瀬土木事務所、米子市役所下水道部、建設省中国地方建設局倉吉工事事務所、同出雲工事事務所、同日野川工事事務所には、現地視察の際に大変お世話になりました。ここに記して深甚なる謝意を示します。