

平成 19 年（2007 年）能登半島地震建築物被害調査報告

平成 19 年 8 月

国土交通省国土技術政策総合研究所

独立行政法人建築研究所

はしがき

平成 19 年（2007 年）3 月 25 日 9 時 42 分頃、能登半島西岸沖を震源とするマグニチュード（M）6.9（暫定値）の地震が発生し、石川県輪島市、七尾市、穴水町ほかの広い地域で、数多くの建築物・家屋に倒壊などの被害をもたらした。この地震による最大震度は、石川県輪島市ほかで観測された震度 6 強である。

気象庁は 3 月 26 日にこの地震を「平成 19 年（2007 年）能登半島地震」と命名した。気象庁による地震の命名は、平成 16 年（2004 年）10 月 23 日に発生した新潟県中越地震以来である。消防庁によれば、5 月 28 日現在、最大震度 5 弱を観測した余震が 3 月 25 日 18 時 11 分頃（M5.3）、3 月 25 日 14 時 45 分頃（M4.8）及び 3 月 28 日 8 時 8 分頃（M4.9）の 3 回発生している。また、地震による死者は灯籠の下敷きになった 1 名、負傷者は 336 名、住家被害は、全壊 630 棟、半壊 1,500 棟、一部破損 12,670 棟に上っている。

建築物を中心とした被害から教訓を学び取り、今後の地震対策に生かすため、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所では連携して、地震発生当日から 5 月 4 日までの間に延べ 43 人の職員を順次現地に派遣し、初動調査、地震動調査、非構造部材被害調査、木造被害調査、非構造部材被害 2 次調査及び鉄骨造被害調査、並びに、基礎・地盤被害調査の各調査を実施した。

本報告では、上記の各調査結果及び調査時に現地で収集した資料の分析結果をまとめている。この内容は今後の地震対策の参考となるものと考えている。なお、現在、応急危険度判定結果のデータ詳細分析も計画しており、分析結果がまとまりましたらホームページ等で公表する予定としています。

最後に、本地震で亡くなられた方及びそのご遺族に対し深く哀悼の意を表するとともに、被災された方々に心からお見舞い申し上げます。また、現地調査に当たって被災地の困難な状況にもかかわらず、調査にご協力いただいた方々、資料を提供して頂いた方々に厚く御礼申し上げます。

平成 19 年 8 月

国土交通省国土技術政策総合研究所

独立行政法人建築研究所

平成 19 年（2007 年）能登半島地震建築物被害調査 目次

はしがき

第 1 章 調査の概要	(1-1～1-2)	
1.1 概要	・・・・・・・・・・・・・・・・	1-1
第 2 章 被害一般	(2-1～2-6)	
2.1 各地の震度	・・・・・・・・・・・・・・・・	2-1
2.2 各種災害対策法令等の適用	・・・・・・・・・・・・・・・・	2-2
2.3 人的被害	・・・・・・・・・・・・・・・・	2-2
2.4 建築・住宅に係る被害	・・・・・・・・・・・・・・・・	2-3
2.5 危険度判定の状況	・・・・・・・・・・・・・・・・	2-4
2.6 ライフラインの被害	・・・・・・・・・・・・・・・・	2-6
第 3 章 地震及び地震動の特徴	(3-1～3-20)	
3.1 地震の概要と特徴	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-1
3.2 被災地の地形及び地質	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-3
3.3 本震の地震動特性	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-5
3.4 余震観測	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-9
3.5 まとめ	・・・・・・・・・・・・・・・・	3-19
第 4 章 木造建築物の被害	(4-1～4-76)	
4.1 調査概要	・・・・・・・・・・・・・・・・	4-1
4.2 各地の木造建築物の被害	・・・・・・・・・・・・・・・・	4-3
4.3 被災木造建築物の詳細調査	・・・・・・・・・・・・・・・・	4-25
4.4 耐力壁量と被害の関係	・・・・・・・・・・・・・・・・	4-71
4.5 木造建築物の被害調査結果のまとめ	・・・・・・・・・・・・・・・・	4-75
第 5 章 鉄骨造建築物の被害	(5-1～5-7)	
5.1 学校体育館	・・・・・・・・・・・・・・・・	5-1
5.2 学校校舎	・・・・・・・・・・・・・・・・	5-2
5.3 店舗	・・・・・・・・・・・・・・・・	5-6
5.4 まとめ	・・・・・・・・・・・・・・・・	5-7
第 6 章 鉄筋コンクリート造建築物の被害	(6-1～6-4)	
6.1 輪島市役所	・・・・・・・・・・・・・・・・	6-1
6.2 輪島市門前総合支所	・・・・・・・・・・・・・・・・	6-1
6.3 門前地区総合福祉会館	・・・・・・・・・・・・・・・・	6-2

6.4 A 小学校及び講堂	6-2
6.5 七尾市中島体育館	6-3
6.6 七尾市役所田鶴浜支所	6-4
第7章 非構造部材の被害	(7-1～7-14)
7.1 学校体育館	7-1
7.2 公共体育施設	7-8
7.3 その他の建物	7-11
7.4 まとめ	7-13
第8章 宅地地盤・基礎の被害	(8-1～8-32)
8.1 はじめに	8-1
8.2 調査行程	8-1
8.3 調査体制	8-1
8.4 現地で実施した地盤調査等	8-1
8.5 調査地域の地盤概要	8-2
8.6 調査結果	8-4
8.6.1 基礎の被害概要	8-4
8.6.2 宅地の被害概要	8-8
8.6.3 門前町道下における調査結果	8-10
8.6.4 門前町総持寺における調査結果	8-16
8.6.5 穴水町における調査結果	8-18
8.6.6 穴水町周辺における調査結果	8-27
8.7 まとめ	8-30
第9章 まとめ	(9-1～9-4)

謝辞

執筆分担

第2章 被害一般

植本敬大 国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官

第3章 地震及び地震動の特徴

小山信 建築研究所構造研究グループ上席研究員

鹿嶋俊英 建築研究所国際地震工学センター主任研究員

第4章 木造建築物の被害

植本敬大 国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官

河合直人 建築研究所構造研究グループ上席研究員

山口修由 建築研究所材料研究グループ主任研究員

中川貴文 建築研究所材料研究グループ研究員

村上知徳 建築研究所構造研究グループ交流研究員

第5章 鉄骨造建築物の被害

石原直 国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官

長谷川隆 建築研究所国際地震工学センター主任研究員

第6章 鉄筋コンクリート造建築物の被害

斉藤大樹 建築研究所国際地震工学センター上席研究員

第7章 非構造部材の被害

脇山善夫 建築研究所建築生産研究グループ研究員

西田和生 国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官

石原直 国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官

第8章 宅地地盤・基礎の被害

田村昌仁 建築研究所国際地震工学センター上席研究員

平出務 建築研究所建築生産研究グループ主任研究員

1. 調査の概要

1.1 概要

平成 19 年（2007 年）能登半島地震にあたって、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所の連携により、地震発生当日（平成 19 年（2007 年）3 月 25 日 9 時 42 分頃）から 5 月 4 日までの間に実施した現地調査の概要は以下の通りである。

(1) 初動調査

地震発生当日に現地入りし、被害状況の概況調査を行った。

日 時：平成 19 年 3 月 25 日（日）～27 日（火）

場 所：石川県輪島市、七尾市、穴水町

体 制：国土技術政策総合研究所

建築研究部 基準認証システム研究室主任研究官 植本敬大

独立行政法人建築研究所

国際地震工学センター主任研究員 齊藤大樹

(2) 地震動調査

余震観測（強震計の設置（観測期間は未定））、地震動関係情報の収集を実施した。

日 時：平成 19 年 3 月 28 日（水）～29 日（木）（現地）

場 所：石川県輪島市

体 制：独立行政法人建築研究所

構造研究グループ上席研究員

小山信

国際地震工学センター主任研究員

鹿嶋俊英

(3) 非構造部材被害調査（一次）

天井の被害事例を中心に、非構造部材の被害調査を実施した。

日 時：平成 19 年 3 月 28 日（水）～30 日（金）

場 所：石川県金沢市、加賀市、七尾市、志賀町

体 制：国土技術政策総合研究所

建築研究部 構造基準研究室主任研究官

西田和生

同 基準認証システム研究室主任研究官

石原 直

独立行政法人建築研究所

建築生産研究グループ研究員

脇山善夫

(4) 木造被害調査

戸建て木造住宅を中心として、住宅の構法と被害の特徴に関する詳細調査を実施した。

日 時：平成 19 年 3 月 29 日（木）から 4 月 2 日（月）

場 所：石川県輪島市、七尾市

体 制：国土技術政策総合研究所

建築研究部 基準認証システム研究室主任研究官 樋本敬大
独立行政法人建築研究所
構造研究グループ上席研究員 河合直人
材料研究グループ主任研究員 山口修由
同 研究員 中川貴文

(5) 非構造部材被害二次調査及びS造被害調査

一次調査で見ることができなかった地域の非構造部材の被害調査と、鉄骨造建築物の被害調査を併せて実施した。

日 時：平成19年4月9日（月）から11日（水）

場 所：石川県七尾市、輪島市、穴水町、能登町

体 制：国土技術政策総合研究所

建築研究部 構造基準研究室主任研究官 西田和生
同 基準認証システム研究室主任研究官 石原 直
独立行政法人建築研究所
国際地震工学センター主任研究員 長谷川 隆
建築生産研究グループ研究員 脇山善夫

(6) 基礎・地盤被害調査（2名：5月2日～4日）

日 時：平成19年5月2日（水）から4日（金）

場 所：石川県輪島市、穴水町

体 制：独立行政法人建築研究所

国際地震工学センター上席研究員 田村昌仁
建築生産研究グループ主任研究員 平出 努

2. 被害一般

今回の地震では3月25日の本震以来、震度5を上回る大きな余震が度重なり、広範な市町村に被害が発生した。本章では、主として建築・住宅に関連する被害の概況を示す。

2.1 各地の震度

(1) 本震

3月25日の本震で観測された各地震度のうち、震度5弱以上の観測点^{2.1)}を示す。*印は、地方公共団体または独立行政法人防災科学研究所の震度観測点を示す。

表-2.1 各地の震度（震度5弱以上）^{2.1)}

震度	観測地点	
6強	七尾市田鶴浜町*、輪島市鳳至町、輪島市門前町走出*、穴水町大町*	
6弱	輪島市河井町*、志賀町富来領家町、志賀町香能*、志賀町末吉千古**、中能登町末坂**、中能登町能登部下*、能登町宇出津、能登町松波*	
5強	七尾市本府中町、七尾市袖ヶ江町*、珠洲市正院町*	
5弱	石川県	珠洲市大谷町*、羽咋市柳田町、羽咋市旭町*、宝達志水町子浦*、中能登町井田*、能登町柳田*、かほく市浜北
	新潟県	新潟県刈羽村割町新田*
	富山県	富山市新桜町*、富山市婦中町笹倉*、滑川市寺家町*、舟橋村仏生寺*、氷見市加納*、小矢部市水牧*、射水市本町*、射水市戸破*、射水市加茂中部*

注、震度5強以上は全て石川県、*：地方公共団体又は独立行政法人防災科学研究所の震度観測点

(2) 余震

本震以降4月17日までに、震度1以上を記録した余震は383回の余震が観測された^{2.1)}。このうち、主な余震の日時と各地の震度（4以上）を表-2.2^{2.1)}に示す。

表-2.2 主な余震とそれによる各地の震度^{2.1)}

①3月25日 18:11（震源：石川県能登地方 37°18.2'N, 136°50.3'E、深さ13 km、M5.3）	
震度5弱	輪島市鳳至町、穴水町大町*
震度4	七尾市田鶴浜町*、輪島市河井町*、輪島市門前町走出*、能登町宇出津、能都町松波
②3月26日 14:46（震源：能登半島沖 37°09.9'N, 136°33.1'E、深さ9 km、M4.8）	
震度5弱	志賀町香能*
震度4	輪島市門前町走出*、志賀町富来領家町、穴水町大町*
③3月28日 08:08（震源：石川県能登地方 37°13.3'N, 136°42.5'E、深さ9 km、M4.9）	
震度5弱	輪島市鳳至町、
震度4	輪島市河井町*、穴水町大町*

注、震度5強以上は全て石川県、*：地方公共団体又は独立行政法人防災科学研究所の震度観測点

2.2 各種災害対策法令等の適用

2.2.1 災害救助法等の適用

3月25日から石川県七尾市、輪島市、珠洲市、志賀町、中能登町、穴水町、能登町の3市4町に対し、災害救助法（昭和22年法律第118号）による救助を実施することが公示された。

2.2.2 被災者生活再建支援法の対象

平成19年4月2日付けで、平成19年(2007年)能登半島地震による災害を被災者生活再建支援法（平成10年法律第66号）の対象となる自然災害とすることが公示された。

2.2.3 激甚災害の指定

平成19年4月20日付けで、平成19年(2007年)能登半島地震による災害が「激甚災害に対処するための特別の財政援助等に関する法律」の適用となる災害として指定^{2.2)}された。対象地域は、石川県七尾市、輪島市、羽咋郡志賀町、鳳珠郡穴水町、鳳珠郡能登町の2市3町とされた。

2.3 人的被害

2.3.1 死傷者

石川県を中心に多数の合計363人の死傷者が発生した。その自治体ごとの内訳は表-2.3の通りであるが、石川県の数値は石川県発表6/27現在^{2.3)}、石川県以外の数値は消防庁発表6/14現在^{2.4)}である。

表-2.3 平成19年（2007年）能登半島地震による死傷者

県	市町村	人的被害			
		死者	重傷者	軽傷者	合計
石川県	輪島市	1	44	69	114
	七尾市		17	110	127
	志賀町		4	41	45
	穴水町		3	36	39
	中能登町		3		3
	能登町		2	10	12
	珠洲市			3	3
	羽咋市			1	1
	津幡町			1	1
	石川県合計		1	73	271
富山県			1	12	13
新潟県			1	3	4
福井県			1		1
総計		1	76	286	363

注：石川県の数値は石川県発表6/27現在^{2.3)}、石川県以外の数値は消防庁発表6/14現在^{2.4)}

なお、富山県の重傷者は富山市、軽傷者は高岡市（6名）、魚津市（2名）、氷見市（1名）、小矢部市（1名）、射水市（2名）で発生し、新潟県の重傷者は十日町市、軽傷者は十日町市（1名）、糸魚川市（2名）で発生し、福井県の重傷者は福井市で発生している。

2.3.2 避難者

平成19年（2007年）能登半島地震による避難者は、地震当日から発生し、3月26日にピークを迎え、各自治体ごとに表-2.4に示す避難所数と人数となった。また、3月31日には9世帯13人に対し、避難勧告が出され、そして、5月3日には全て避難所は閉鎖された。なお、表-2.4には市町村の人的規模の参考とするため、世帯数を併記した。

表-2.4 平成19年（2007年）能登半島地震による避難状況

市町村	世帯数	避難所数	避難者数
輪島市	12,026	26	2,214
七尾市	21,567	7	60
志賀町	7,919	6	198
穴水町	3,752	6	136
中能登町	6,120	1	3
能登町	7,725	1	13
合計	—	47	2,624

注：表中の市町村は全て石川県内、数値は石川県発表 6/27 現在^{2.3)}

2.4 建築・住宅に係る被害

平成19年（2007年）能登半島地震による建築・住宅（住家及び非住家）の被害の状況は表-2.5の通りである。表中の数値は石川県発表 6/27 現在^{2.3)}であるが、消防庁（6/14 現在）^{2.4)}によれば、新潟県糸魚川市内に一部損壊が3件ある。

なお、地震による火災発生に関する情報は見あたらない。

表-2.5 平成19年(2007年)能登半島地震による建築・住宅の被害

市町村	世帯数	建築物の被害			
		住家被害			非住家 被害
		全壊	半壊	一部損壊	
輪島市	12,026	499	1,029	7,658	2,814
穴水町	3,752	72	92	1,133	267
七尾市	21,567	50	238	2,262	333
志賀町	7,919	10	203	2,251	781
羽咋市	8,197	3	13	131	27
中能登町	6,120	3	6	158	13
能登町	7,725	1	10	190	18
珠洲市	6,488			158	23
かほく市	10,741	3	2	17	11
宝達志水町	4,661		3	21	1
加賀市	26,368			6	6
津幡町	11,303			2	1
金沢市	184,680				16
小松市	36,783				2
白山市	36,075				7
能美市	15,448				1
合計		641	1,596	13,987	4,321

注：表中の数値は石川県発表 6/27 現在^{2.3)}

2.5 危険度判定の状況

2.5.1 被災建築物の応急危険度判定の状況

地震当日から、3月30日までに、延べ391名の判定士を投入して、7,548棟を対象に実施された。石川県内における判定の内訳は表-2.6の通りである。なお、同表には、市町村の規模の目安として世帯数を示している。調査棟数のうち1,222棟(約16%)が危険判定、1,561棟(約21%)が要注意判定であったが、いずれも95%以上が木造に対するものであった。

なお、石川県以外の自治体においても被災建築物の応急危険度判定は実施された模様である。

表-2.6 平成19年能登半島地震による被災建築物の応急危険度判定実施状況

自治体	世帯数	調査数	危険(赤)			要注意(黄)			調査済(緑)				判定 士数		
			木造	RC造	鉄骨造	計	木造	RC造	鉄骨造	計	木造	RC造		鉄骨造	計
輪 島 市	9,883	3,767	241	5	5	251	364	3	16	2,936	40	157	3,133	44	88
旧輪島市	3,349	1,886	609	3	2	614	541	4	2	674	22	29	725	35	70
輪島市計	13,232	5,653	850	8	7	865	905	7	18	3,610	62	186	3,858	79	158
穴水町	3,752	685	131	0	3	134	182	1	5	330	9	24	363	15	31
能登町	7,725	14	0	0	0	0	8	0	0	6	0	0	6	1	2
七尾市	21,567	1,075	178	1	4	183	354	4	10	497	16	11	524	65	182
中能登町	6,120	18	11	0	0	11	4	0	0	3	0	0	3		
志賀町	7,919	86	24	1	0	25	56	0	1	3	1	0	4	9	18
羽咋市	8,197	17	4	0	0	4	6	0	0	7	0	0	7		
計		7,548	1,198	10	14	1,222	1,515	12	34	4,456	88	221	4,765	169	391

2.5.2 宅地の危険度判定

国土交通省^{2.5)}は、3月29日～30日に現地被災状況調査を目的として、都市・地域整備局都市計画課の宅地防災担当官1名及び独立行政法人都市再生機構の宅地専門技術者2名を派遣した。

富山県氷見市においては、被災宅地危険度判定を1箇所を実施し、被災状況について宅地所有者等に通知した。

石川県輪島市、志賀町、穴水町、能登町及び富山県富山市で、約百箇所の宅地擁壁の変状等が確認され、被災状況について宅地所有者等に通知した。

2.6 ライフラインの被害

ライフラインの被害のうち、電力、水道の被害^{2.6)}について示す。

区分	管内	最大戸数	停止中の戸数
電力	北陸電力	約16万	0 (3/26 16:50 解消)
	中部電力	約200	0 (3/25 15:02 解消)
水道	富山県	38	0 (復旧済み)
	石川県	13,290	0 (4/7 8:00 復旧)

※原子力発電所（石川県（志賀）、新潟県（柏崎刈羽）、福井県（大飯、高浜、美浜、敦賀、もんじゅ、ふげん）、島根県（島根）、静岡県（浜岡））に関する被害はなし

【参考文献/参照サイト】

- 2.1) 気象庁「平成19年（2007年）能登半島地震」の特集，http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_03_25_noto/index.html
- 2.2) 国土交通省，http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/05/050419_.html
- 2.3) 石川県消防防災Web，<http://www.bousai.pref.ishikawa.jp/top.asp>
- 2.4) 消防庁，平成19年（2007年）能登半島地震（第46報），<http://www.fdma.go.jp/detail/710.html>
- 2.5) 国土交通省，平成19年（2007年）能登半島地震について（第31報：最終報）
- 2.6) 内閣府，平成19年（2007年）能登半島地震について（第25報）

3. 地震及び地震動の特徴

3.1 地震の概要と特徴

(1) 地震諸元

気象庁が決定した 2007 年能登半島地震の本震の諸元は表-3.1 の通りである^{3.1)}。

表-3.1 地震諸元

発震時:	2007 年 3 月 25 日 09 時 41 分 57.9 秒
マグニチュード	6.9
震源深さ	11 km
緯度	37° 13.2' N
経度	136° 41.1' E

震央位置を図-3.1 に★印で示す。図の左上の震源球は、気象庁による初期発震機構解である^{3.1)}。発震機構解はこの地震の断層が、横ずれを含む逆断層であることを示している。

震源の破壊過程の解析結果がいくつか公表されている。ここでは気象庁の解析結果^{3.1)}と八木の解析結果^{3.2)}を参照して、断層破壊の大きな領域を地図上にプロットしている。気象庁の解析によってすべり量が 0.3 m 以上とされた領域を破線で、八木の解析ですべり量が 0.32 m 以上とされた領域を点線で示す。両者の傾向はよく似ており、断層の破壊は気象庁の震源から主に北東方向へ広がったものと解釈できる。

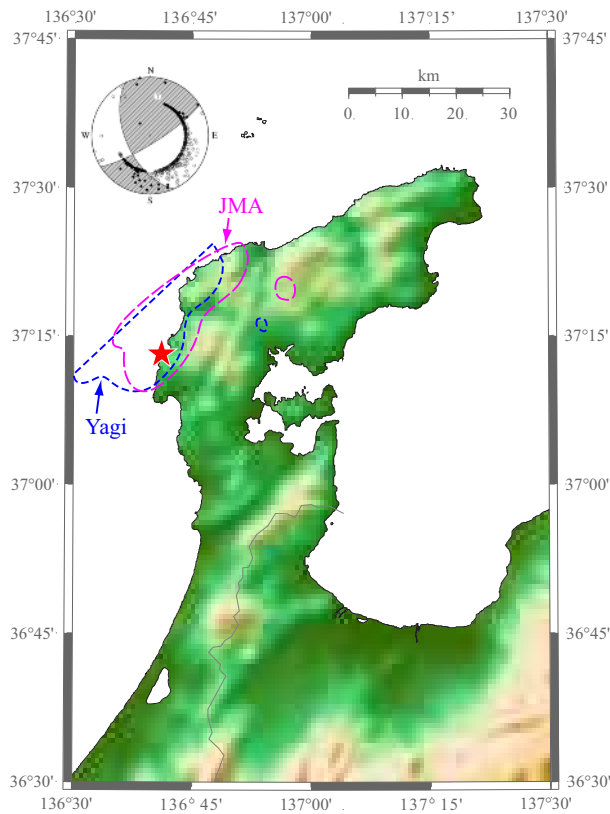


図-3.1 本震の震央位置と断層破壊領域

(2) 震度分布

この地震によって観測された各地の震度を表-3.2 に示す^{3.1)}。表中の*は K-NET^{3.3)}の観測地点を、**は石川県震度情報ネットワークの観測地点を表し、印のないものは気象庁の震度観測地点である。これらの地点の震度に、KiK-net^{3.4)}の観測地点の震度を加えて地図上にプロットしたものが図-3.2 である。大きな震度が観測された地点は、断層上及び断層に近い地点となっている。

表-3.2 各地の震度(震度5強以上)^{3.1)}

震度	観測地点
6強	七尾市田鶴浜町**、輪島市鳳至町、輪島市門前町走出**、穴水町大町*
6弱	輪島市河井町*、志賀町富来領家町、志賀町香能*、志賀町末吉千古**、中能登町末坂**、中能登町能登部下**、能登町宇出津、能登町松波*
5強	七尾市本府中町、七尾市袖ヶ江町*、珠洲市正院町*

注) *K-NET、**石川県震度情報ネットワーク

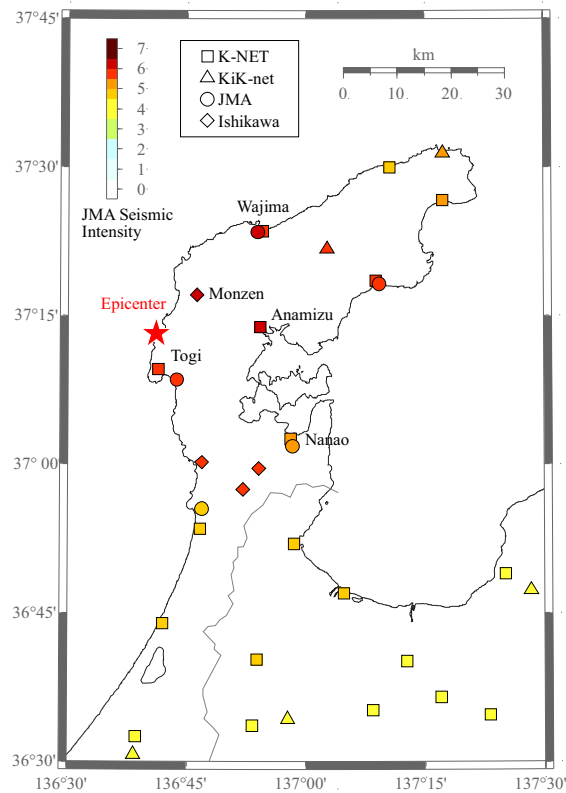


図-3.2 各地の震度

3.2 被災地の地形及び地質

日本海に突出する能登半島は、北西側から能登山地、能登丘陵、邑知潟低地帯、石動一宝達山地からなる^{3.5)}。被害の大きかった能登半島北部は、能登山地と能登丘陵で、新第三系の火山岩や堆積岩が広く分布している。その中を流れる河川に沿って、沖積堆積物が分布している^{3.5)}。

3.4 で述べる余震観測を実施した輪島市役所輪島庁舎のある輪島市街は、周囲を前期中新世—中期中新世の山地に囲まれ、その中を流れる鳳至川と河原田川流域に後期更新世—完新世の沖積堆積物が分布している。

輪島市街には、気象庁と K-NET の地震観測点がそれぞれ 1 点ある。輪島市河井町の K-NET 輪島 (ISK003) は、中期から後期中新世の丘陵部にあり^{3.5)}、公開されている土質データによると、厚さ 10cm の表土の下に岩盤と分類される層が現れ、深さ 0.2~20m の間にせん断波速度は 230m/s~790m/s に増大している^{3.3)}。輪島測候所のある輪島地方合同庁舎 (輪島市鳳至町畠田 99-3) では、深さ 35m までのボーリング柱状図が得られており^{3.6)}、それらの N 値と、地盤の土質・堆積年代や深さに基づいて経験式により換算されるせん断波速度^{3.7)} (換算 V_s) は、図-3.4 のようになる。この図から、深さ 24m までは粘性土と砂質土が互層を成し、せん断波速度は V_s 60m/s 程度から 200m/s 程度にほぼ深さに応じて増加している。その下、深さ 34m までは V_s 250m/s 程度から 350m/s 程度の砂礫層が続いて、深さ 35m で工学的基盤と考えられる砂岩が現れる。余震観測を実施した輪島市役所輪島庁舎 (輪島市二ツ屋町 2 字 29 番地) においても、深さ 30m までのボーリング柱状図が得られている^{3.8)}。同地点の N 値と換算 V_s を、図-3.5 に示す。せん断波速度は、深さ 2~4m 程度に V_s 200m/s 程度の砂礫層があり、その下は深さ 5~26m に V_s 100m/s から 220m/s のシルト質層、27m 以深で V_s 300m/s 以上の砂礫層が存在する。29m 以深については、市役所の深さ 27m が合同庁舎の深さ 28m に対応するものと仮定して、輪島測候所の 30m 以深の情報を付加している。

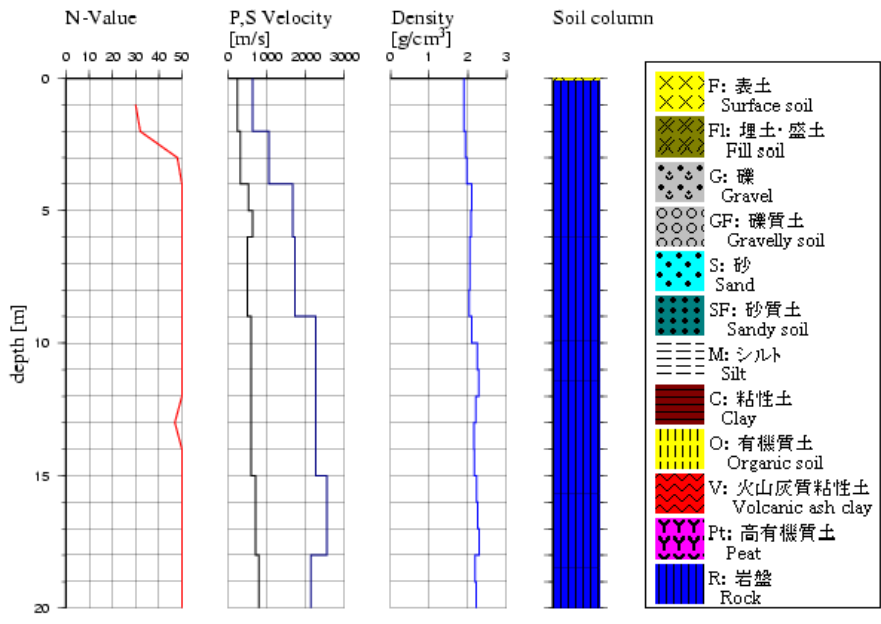


図-3.3 K-NET 輪島 (ISK003) の地盤情報^{3.3)}

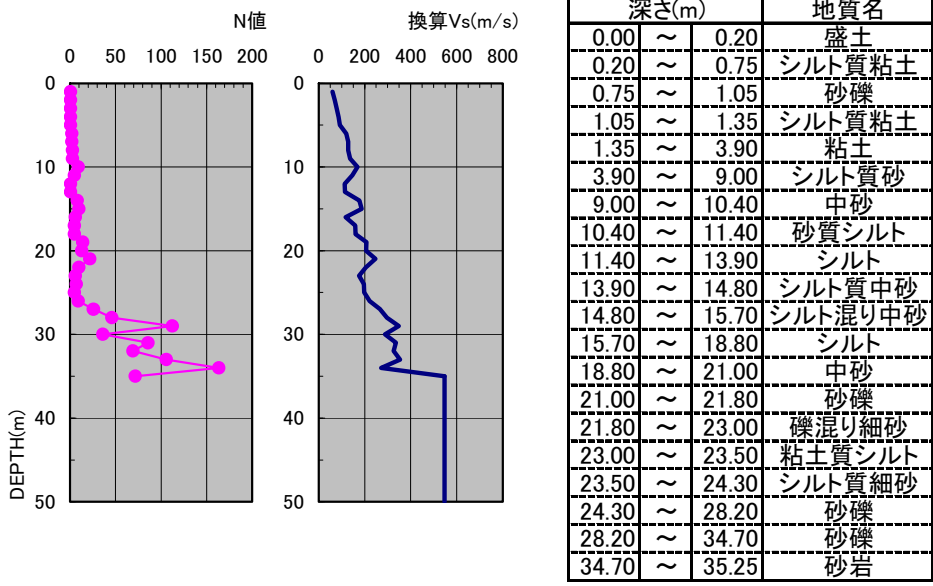


図-3.4 輪島測候所の N 値と換算したせん断波速度^{3.6)}

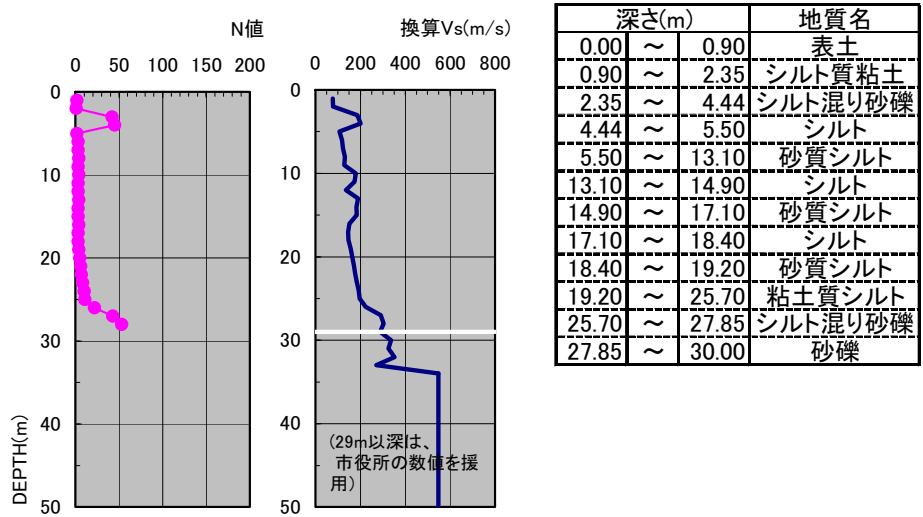


図-3.5 輪島市役所の N 値と換算したせん断波速度^{3.8)}

3.3 本震の地震動特性

3月29日現在、K-NET及びKiK-net、及び震度5弱以上の気象庁震度計の強震記録が公開されている。これらのうち、震度5(計測震度4.5)以上を観測した地点の震央距離(Δ)、計測震度(I_{JMA})、最大加速度(PGA)及び最大速度(PGV)を表-3.3に示す。また、図-3.6では地図上に各地点の最大加速度(3成分のうち最大の値)を色分けしてプロットしている。

強震記録が得られている地点で震度6強は気象庁の輪島市鳳至町(輪島測候所)とK-NET穴水町字大町(ISK005)の2地点であった。震度6弱を記録したのは気象庁の志賀町富来領家町と能登町宇出津、K-NETの富来(ISK006)、輪島(ISK003)、柳田(ISKH02)、能登(ISK004)の計6地点である。以下、主要な記録の特徴を見る。

表-3.3 本震の強震観測記録一覧(震央距離100km以内のもの)

記号	観測地点	Δ (km)	I_{JMA}	PGA (cm/s ²)			PGV (cm/s)			備考
				NS	EW	UD	NS	EW	UD	
ISK006	志賀町香能	6.6	5.9	717	849	462	47.3	38.4	18.8	
JMA-914	志賀町富来領家町	9.6	5.6	276	507	452	27.3	55.0	18.0	
ISK005	穴水町字大町	19.4	6.3	473	780	556	37.1	102.9	23.0	
JMA-E10	輪島市鳳至町	26.7	6.1	464	439	190	93.7	82.5	17.1	
ISK003	輪島市河井町	27.5	5.5	519	396	142	41.6	24.6	11.4	
ISK007	七尾市袖ヶ江町	31.9	5.3	203	183	168	28.8	31.3	7.3	
JMA-535	七尾市本府中町	33.1	5.3	197	257	92	24.0	35.9	6.7	
JMA-CCB	羽咋市柳田町	33.9	4.5	115	221	110	11.1	16.7	4.8	
ISKH02	柳田	35.5	5.5	274	359	204	28.0	25.6	19.1	
ISK008	羽咋市旭町	37.4	4.9	229	381	298	21.1	21.7	8.5	
ISK004	能登町宇出津	42.0	5.6	622	589	147	28.6	20.5	8.4	
JMA-915	能登町宇出津	42.5	5.6	235	147	118	50.2	21.5	6.2	

TYM002	氷見市加納	47.0	4.9	158	146	84	13.7	19.4	5.6	
ISK001	珠洲市大谷町	53.4	4.8	166	170	82	14.7	9.8	4.8	
ISK009	かほく市浜北	54.3	4.5	171	172	83	6.5	8.3	4.6	
ISK002	珠洲市正院町	58.8	5.1	174	159	138	24.7	22.3	9.7	
TYM005	射水市本町	60.0	4.5	166	119	64	8.5	10.4	4.4	
ISKH01	珠洲市折戸町	63.0	5.1	359	123	94	21.3	11.0	5.3	
TYM006	小矢部市水牧	63.8	4.6	144	186	36	9.1	8.4	2.7	

△: 震央距離, I_{JMA} : 計測震度, PGA : 最大加速度, PGV : 最大速度

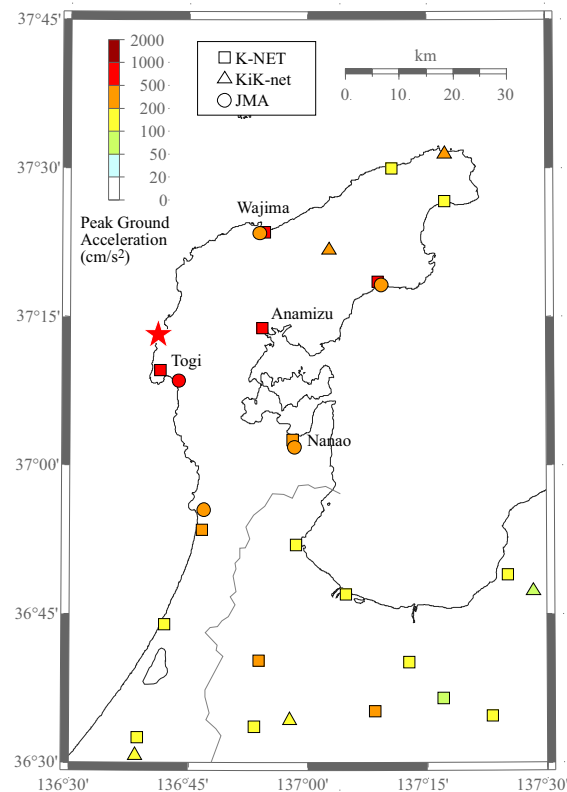


図-3.6 最大加速度分布

(1) K-NET 富来 (ISK006) の記録と JMA 志賀町富来領家町の記録

震央距離が 7 km 弱と震源に最も近い K-NET 富来 (ISK006) の加速度記録と減衰定数 5% の擬似速度応答スペクトルを図-3.7 に示す。加速度記録を見ると、比較的短周期成分が優勢で、激しい揺れが 7 秒間ほど続いている。応答スペクトルを見ると、1 秒以下の短周期成分の応答が 80 cm/s から 100 cm/s と大きく、1 秒以上の周期成分は相対的に劣勢である。

気象庁の志賀町富来領家町の震度観測地点は、K-NET 富来の観測地点より 3 km ほど南東に位置する。加速度記録と応答スペクトルを図-3.8 に示す。K-NET 富来の記録と比べると短周期成分が少なく最大加速度は小さいが、応答スペクトルの 0.5 秒から 0.8 秒位の成分は大きく、100 cm/s を超えている。K-NET 富来の観測地点は山中にあり深さ 5 m 程で岩盤が確認されているが、気象庁の観測地点は富来川河口の堆積層の上にあり、表層地盤の影響が表れていると推察される。

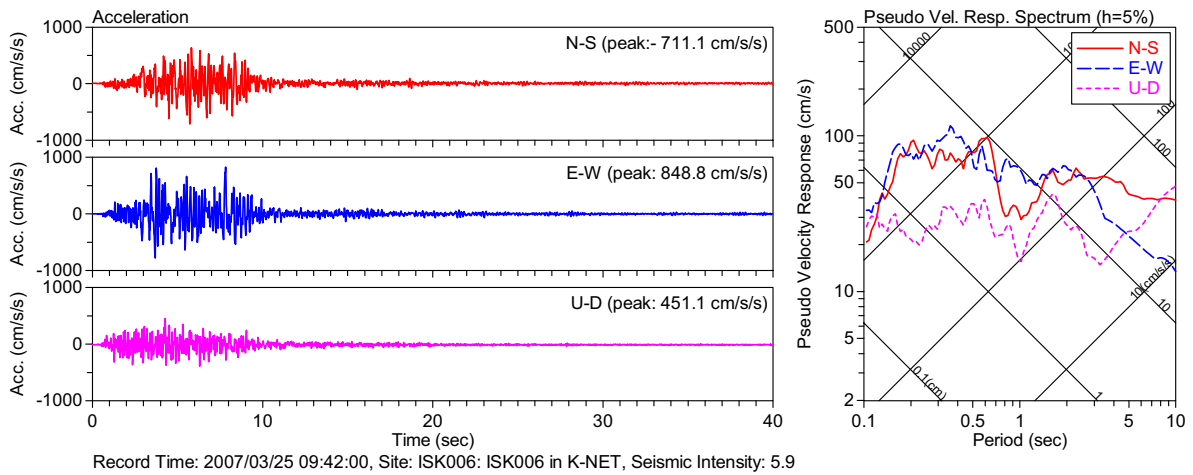


図-3.7 強震記録(K-NET ISK006: 富来)

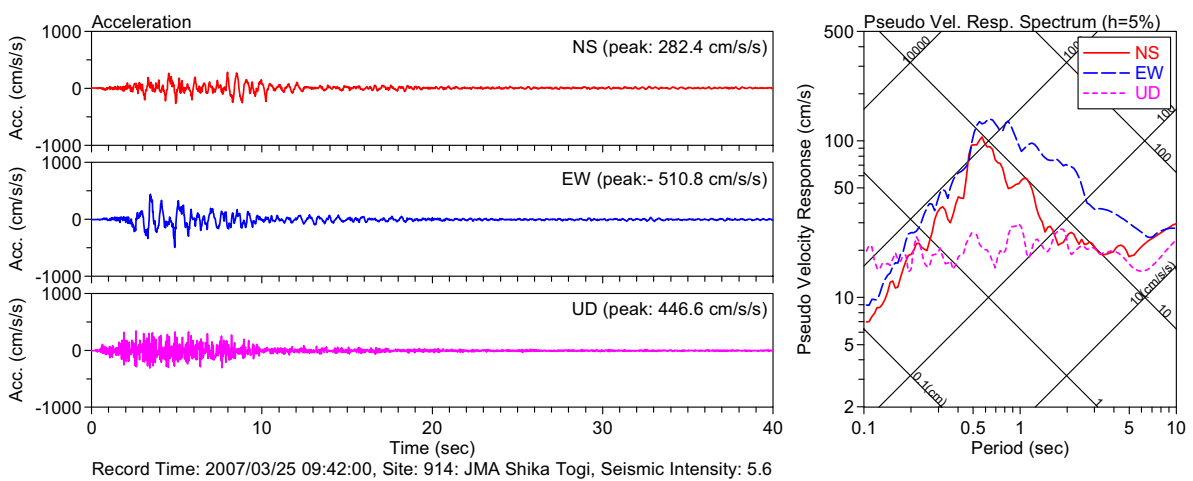


図-3.8 強震記録(JMA 志賀町富来領家町)

(2) K-NET 穴水 (ISK005) の記録

震央から 19 km 離れた K-NET 穴水 (ISK005) の記録を図-3.9 に示す。加速度記録を見ると比較的長周期の成分が優勢となっている。特に EW 成分では最大加速度も 780 cm/s^2 と相当パワフルである。応答スペクトルを見ると、NS 成分で 1 秒程度、EW 成分で 1 秒から 2 秒の応答が際立っており、EW 成分の最大速度応答は 300 cm/s を超える。K-NET 穴水観測地点の地盤は軟らかく、深さ 16 m 程度まで $V_s=60 \text{ m/s}$ から 130 m/s のピート層が堆積し、その下に岩盤が表れる。

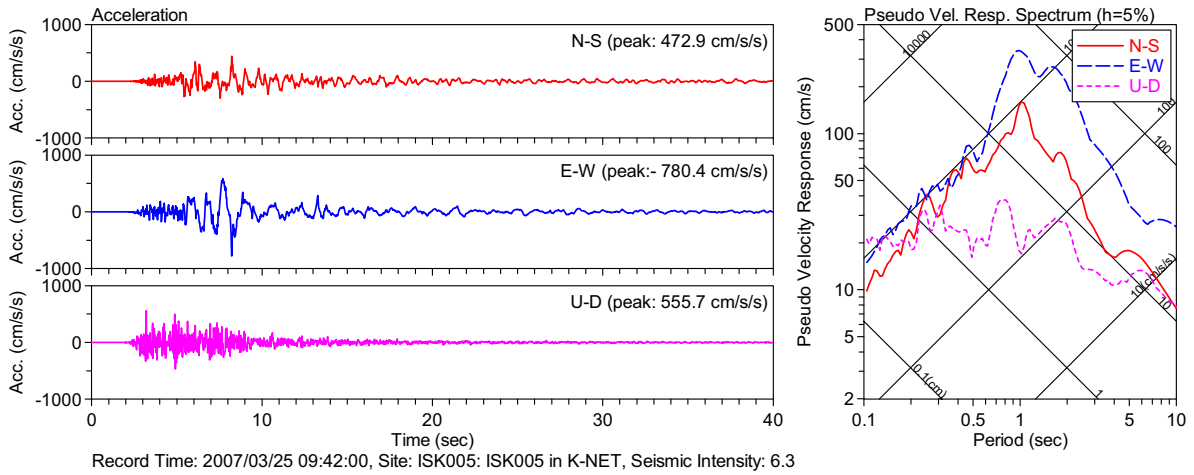


図-3.9 強震記録(K-NET ISK005: 穴水)

(3) JMA 輪島市鳳至町の記録と K-NET 輪島 (ISK003) の記録

JMA 輪島市鳳至町(以下 JMA 輪島)の記録を図-3. 10 に示す。最大加速度こそ 500 cm/s^2 に満たないものの、応答スペクトルを見ると 1.7 秒から 1.8 秒の応答が 400 cm/s を超える強烈なものである。一方、JMA 輪島から東へ約 1 km 離れた K-NET 輪島 (ISK003) の記録を図-3. 11 に示す。最大加速度は JMA 輪島の記録と同程度であるが応答スペクトルの形状は大きく異なる。K-NET の観測地点は岩盤上にあり、JMA 輪島は表層地盤の影響を大きく受けているものと考えられる。

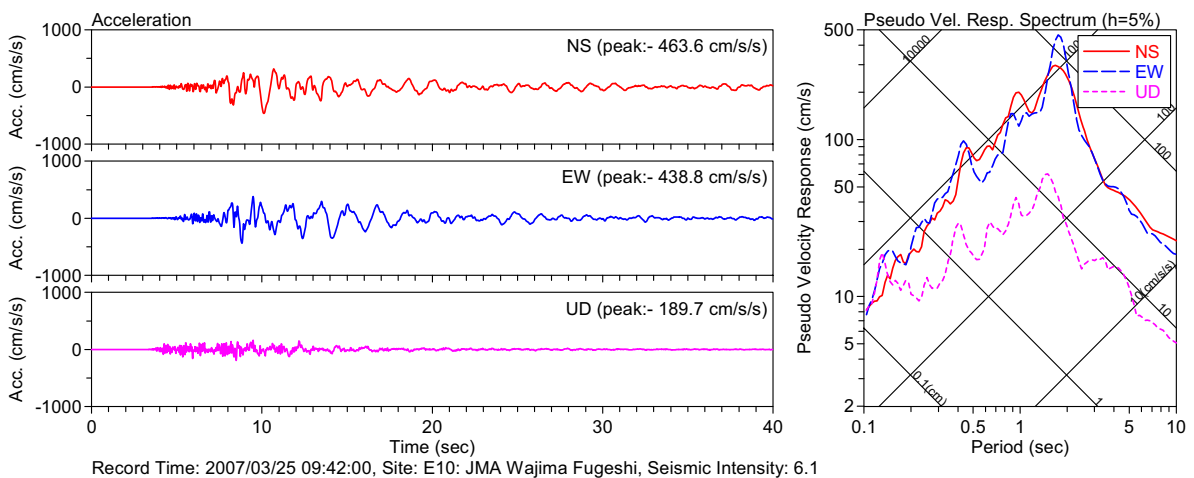


図-3.10 強震記録(JMA 輪島市鳳至町)

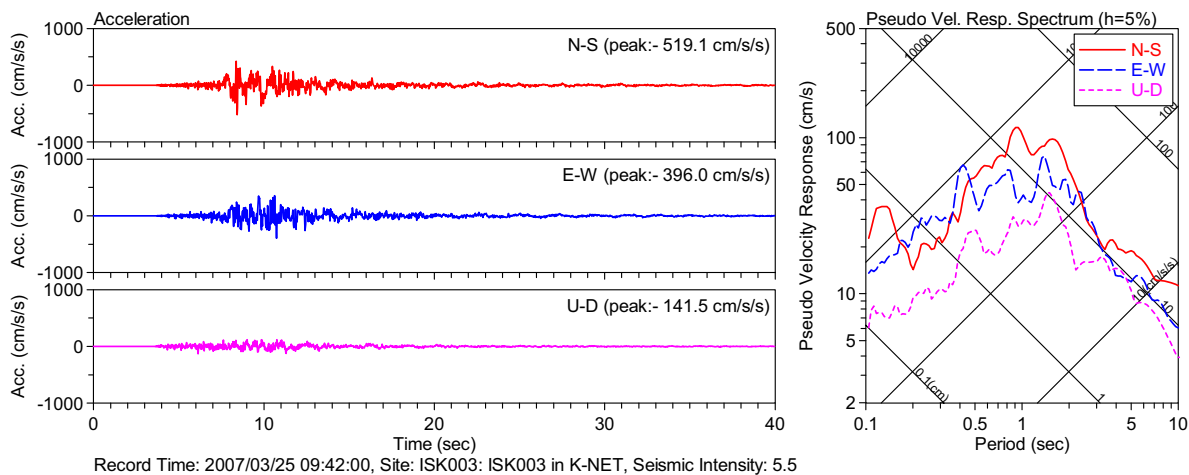


図-3.11 強震記録(K-NET ISK003: 輪島)

3.4 余震観測

建築研究所は主な被災地の地震動の特性と、建物の地震入力及び地震応答を調査するために、輪島市役所及び輪島市門前総合支所を対象として余震観測を行った。以下に観測の概要と観測記録、及びその分析結果をまとめる。

(1) 輪島市役所

(a) 観測状況

輪島市役所は輪島市市街地の中心部、河原田川と鳳至川の合流地点付近に位置する、RC造4階建ての建物である(写真-3.1、写真-3.2)。市役所の平面形状はコの字型となっており、強震計(Etna)2台を建物の南西端の1階(1F)機械室と4階(4F)議場裏側に設置した(図-3.12、図-3.13、写真-3.3、写真-3.4)。観測期間は2007年3月28日より5月1日までである。



写真-3.1 輪島市役所概観(北東から)



写真-3.2 輪島市役所概観(南東から)

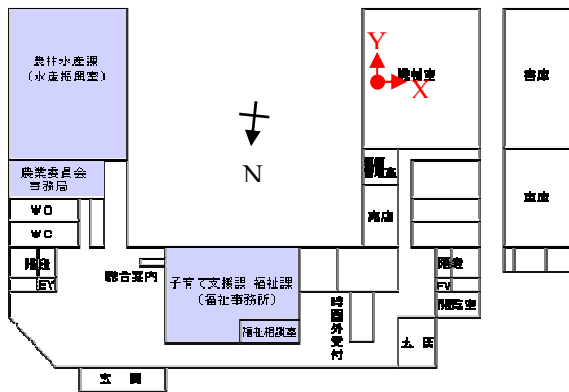


図-3.12 輪島市役所 1階設置位置(見取り図は輪島市役所のホームページより)

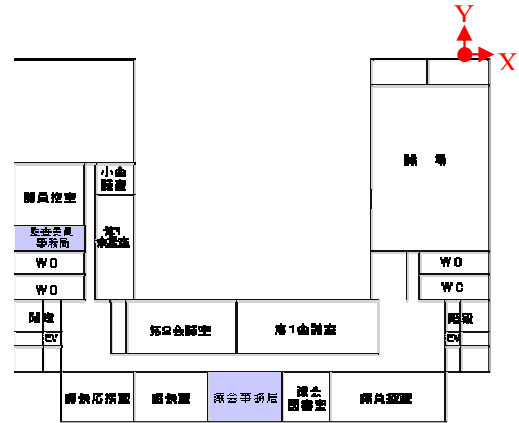


図-3.13 輪島市役所 4階設置位置(見取り図は輪島市役所のホームページより)



写真-3.3 輪島市役所 1階強震計設置状況



写真-3.4 輪島市役所 4階強震計設置状況

(b) 市街地の地震動

輪島市役所の余震観測地点では、3月28日の設置から5月1日の撤収までに、9つの地震で余震記録が得られた。余震記録の1階(1F)の最大加速度と1Fの記録から算出した計測震度を、輪島測候所(JMA 輪島)及び K-NET 輪島の最大加速度及び計測震度とともに表-3.4 に示す。なお、輪島市役所の強震計は建物の軸に合わせて設置してあるため、設置方位は東西南北とずれているが、ここでは比較のため NS(北南)、EW(東西)に方位変換した波形を扱う。

全体的な傾向として、輪島市役所 1F の最大加速度や計測震度は、K-NET 輪島より大きく、JMA 輪島よりは小さい。輪島市役所は建物の中に強震計が設置されており、K-NET 輪島や JMA 輪島のような地盤上の観測地点に比して入力損失が想定されることを考慮すれば、輪島市役所の地震動の大きさは JMA 輪島に近いと推察される。

表-3.4 輪島市街地の余震記録

Time	h (km)	M	輪島測候所(JMA 輪島)			K-NET 輪島 (K-NET)			輪島市役所 1F (WJM)								
			Δ (km)	I_s	PGA (cm/s ²)			Δ km	I_s	PGA (cm/s ²)			Δ km	I_s	PGA (cm/s ²)		
					NS	EW	UD			NS	EW	UD			NS	EW	UD
2007/03/28 13:05	7	4.7	23	3.5	32	42	9	24	2.3	26	13	6	23	3.3	19	20	10
2007/03/31 08:09	13	4.4	21	2.6	17	37	5	22	1.5	16	13	5	21	1.8	11	13	6
2007/04/02 08:01	7	4.1	30	2.4	16	29	4	31	0.8	4	4	1	30	1.2	4	4	3
2007/04/02 21:49	8	3.3	18	2.5	22	29	3	19	1.1	14	8	2	18	1.4	5	9	4
2007/04/04 08:18	7	3.9	20	2.9	33	50	6	21	1.3	8	7	2	20	1.8	9	9	6
2007/04/06 15:18	12	4.3	17	2.4	16	21	5	18	1.6	11	17	6	17	1.7	5	14	6
2007/04/06 21:42	7	4.7	53	2.2	6	7	1	54	1.1	3	2	1	53	2.2	5	5	1
2007/04/14 23:08	6	3.5	21	1.8	9	13	2	22	0.5	4	2	1	21	0.8	2	3	2
2007/04/15 06:38	5	3.8	22	2.1	16	20	3	22	0.5	5	3	1	22	1.0	3	5	2

h : 震源深さ(km), M : マグニチュード, Δ : 震央距離(km), I_s : 計測震度, PGA : 最大加速度(cm/s²)

観測された余震のうち最も規模の大きな3月28日13時04分の地震について、JMA 輪島、K-NET 輪島、及び輪島市役所 1F で観測された加速度記録を図-3.14 から図-3.16 に示す。K-NET 輪島の記録波形(図-3.15)を見ると、短周期成分の波が数秒間で収束しているが、JMA 輪島の記録波形(図-3.14)では、より周期の長い後続波が、20秒から30秒間に渡って励起されている。輪島市役所の記録波形(図-3.16)は、JMA 輪島の記録波形によく似ている。

図-3.17 は、3月28日の地震について、3地点で得られた加速度記録のフーリエスペクトルを成分毎にプロットしたもので、左からNS成分、EW成分及びUD成分となっている。各図の中の実線が輪島市役所 1F、破線が JMA 輪島、点線が K-NET 輪島を表す。NS 及び EW の水平成分に着目すると、輪島市役所の記録のフーリエスペクトルは1.5 Hz 以下の低振動数領域では JMA 輪島のフーリエスペクトルに近似しており、1.5 Hz 以上の高振動数領域では K-NET 輪島のフーリエスペクトルによく似ている。上下(UD)成分では3箇所のフーリエスペクトルの違いは極めて小さい。

各地点間のフーリエスペクトル比を図-3.18 に示す。K-NET 輪島に比して、輪島市役所や JMA 輪島の水平成分では1 Hz 辺りの卓越が特徴的である。

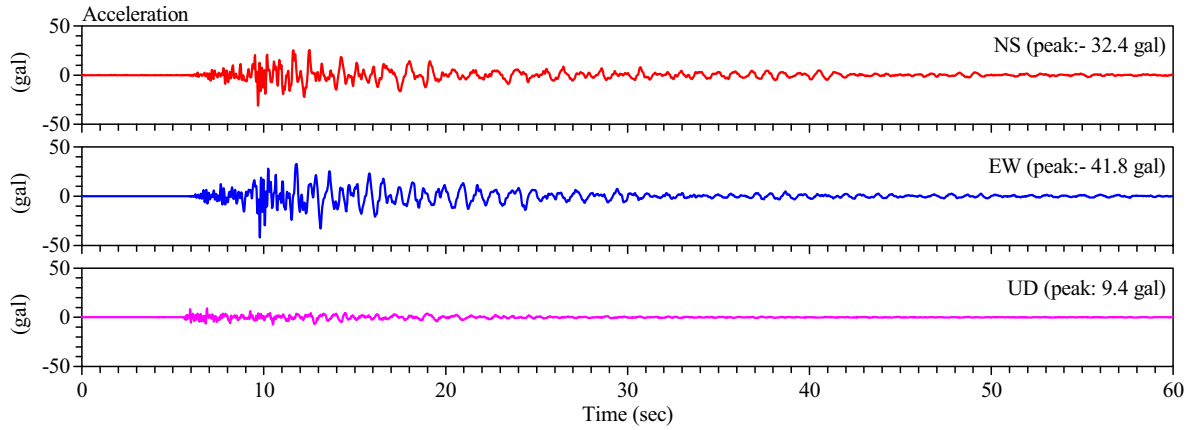


図-3.14 2007/03/28 13:05 ($h=7$ km, $M. 7$)の地震のJMA 輪島の記録

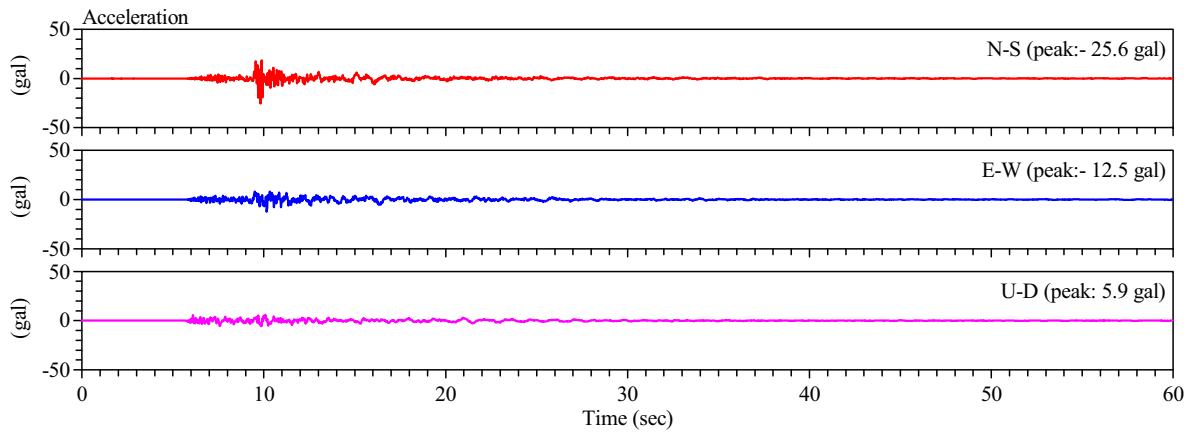


図-3.15 2007/03/28 13:05 ($h=7$ km, $M. 7$)の地震のK-NET 輪島の記録

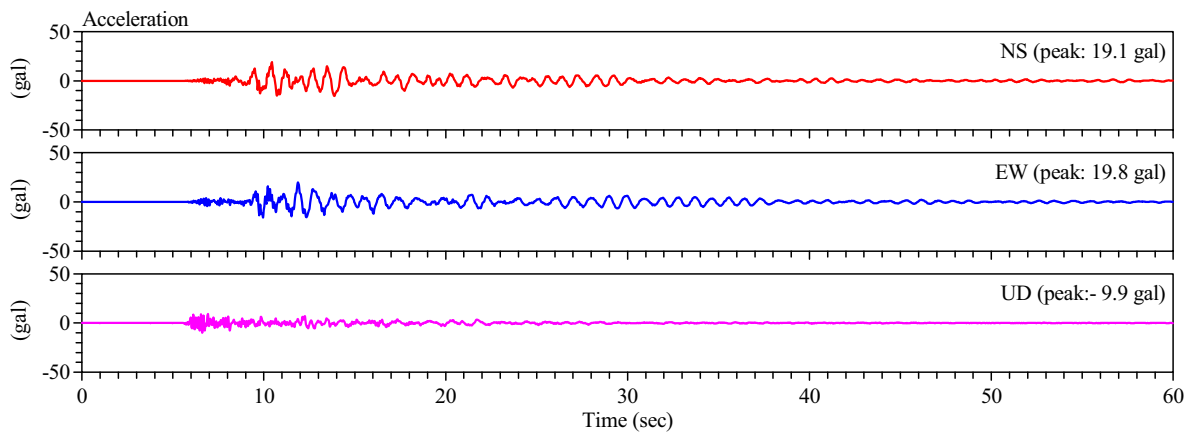


図-3.16 2007/03/28 13:05 ($h=7$ km, $M. 7$)の地震の輪島市役所1Fの記録

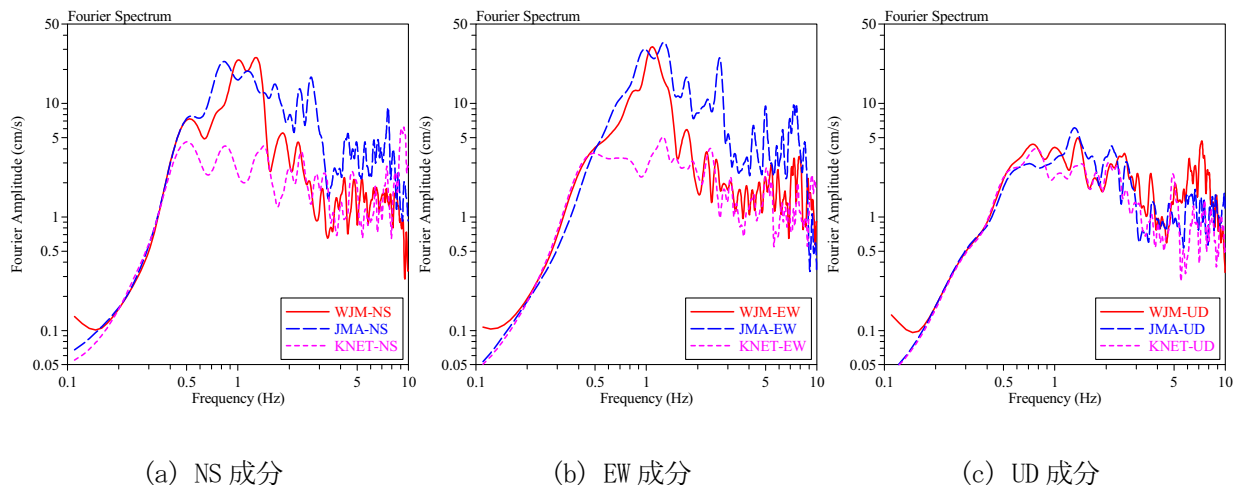


図-3.17 2007/03/28 13:05 の余震のフーリエスペクトル(WJM, JMA and K-NET)

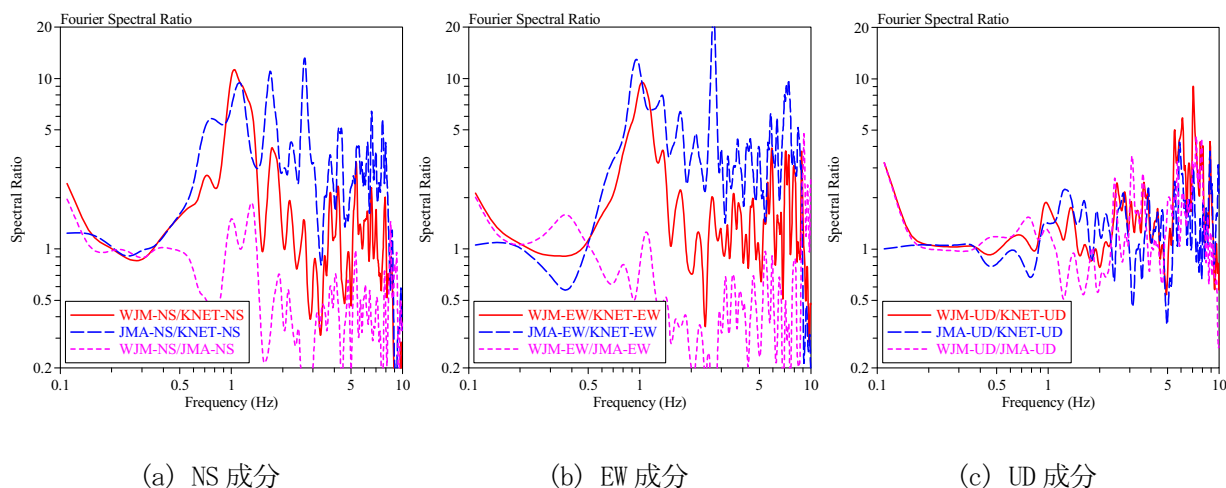


図-3.18 2007/03/28 13:05 の余震のフーリエスペクトル比(WJM/K-NET, JMA/K-NET, WJM/JMA)

(c) 建物の振動特性

輪島市役所で観測された余震記録を表-3.5 に再掲する。表中計測震度(I_s)は1階(1F)の3成分の加速度記録から算出しており、最大加速度(PGA)は1Fの3成分の最大加速度のうち最も大きな値を採っている。なお、ここでの方位は強震計の設置方位をそのまま採用し、図-3.12 及び図-3.13 に示した建物軸をX及びYとして扱っている。

表-3.5 輪島市役所で観測された余震記録一覧

#	日時	震央地名	h (km)	M	Δ (km)	I_s	PGA
1	2007/03/28 13:05	Off Noto Pen.	7	4.7	23	3.3	19.6
2	2007/03/31 08:09	Noto, Ishikawa Pref.	13	4.4	21	1.8	13.8
3	2007/04/04 08:18	Noto, Ishikawa Pref.	7	3.9	20	1.8	9.7
4	2007/04/06 15:18	Noto, Ishikawa Pref.	12	4.3	17	1.7	13.4
5	2007/04/06 21:42	W Off Ishikawa Pref.	7	4.7	53	2.2	5.1

6	2007/04/14 23:08	Off Noto Pen.	6	3.5	21	0.8	3.3
7	2007/04/15 06:38	Off Noto Pen.	5	3.8	22	1.0	4.5
8	2007/04/17 21:16	Noto, Ishikawa Pref.	6	2.0	2	1.0	19.1
9	2007/04/18 08:24	Noto, Ishikawa Pref.	5	3.2	8	1.3	8.1

h: 震源深さ(km), *M*: マグニチュード, Δ : 震央距離(km)、*I_s*: 計測震度(1Fの記録から算出), *PGA*: 最大加速度((1Fの3成分の最大のもの cm/s²)

3月28日の余震記録について、1F及び4Fで得られた加速度記録を図-3.19に示す。水平成分の最大加速度は1Fで18 cm/s²から20 cm/s²、4Fで27 cm/s²から30 cm/s²と、ほぼ1.5倍に増幅している。

図-3.20は各加速度記録のフーリエスペクトルを表す。X方向とY方向に大きな違いは見られず、1F及び4Fとも1 Hz 辺りに卓越を有する。加えて4Fの水平成分のフーリエスペクトルには2 Hz 強の振動数成分が優勢となっている。

図-3.21は4Fの1Fに対するフーリエスペクトル比である。実線がX方向、破線がY方向、点線がZ方向に対応する。X方向では2.4 Hzに、Y方向では2.7 Hzにピークが見られ、これが建物の固有一次振動数と考えられる。

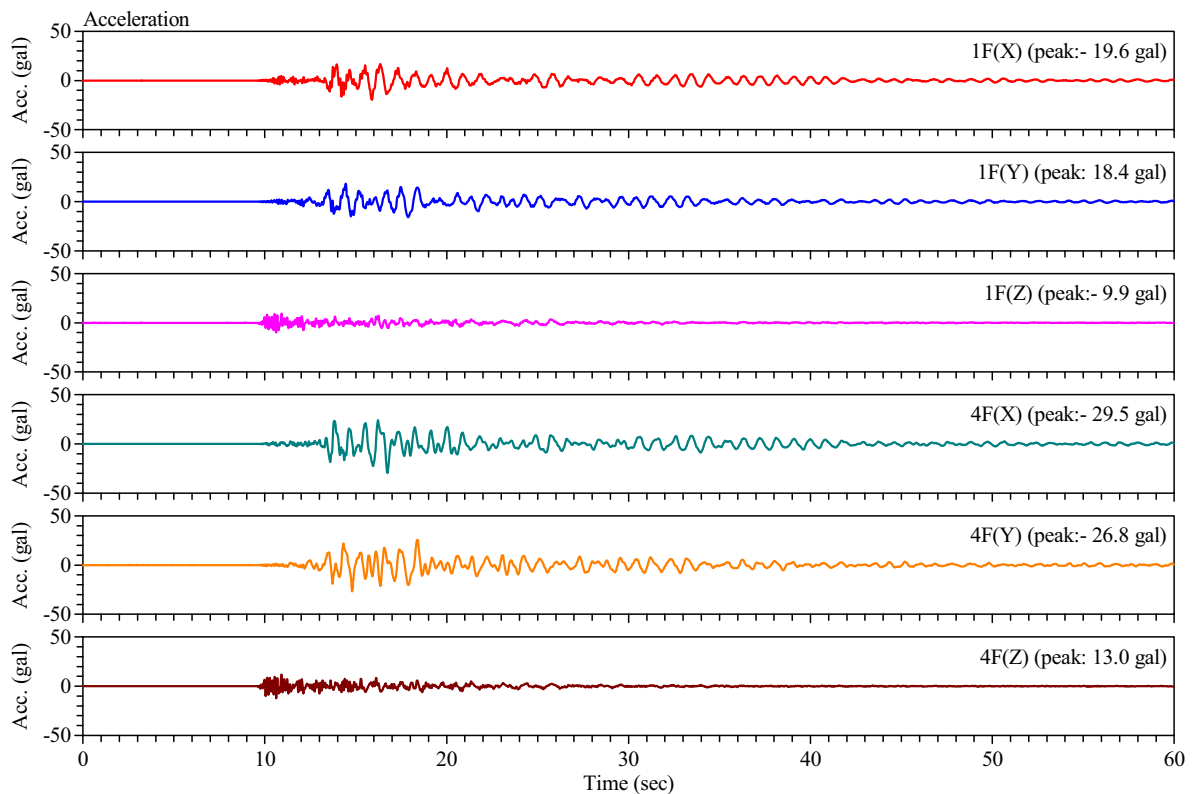


図-3.19 2007年3月28日13時05分の地震の強震記録

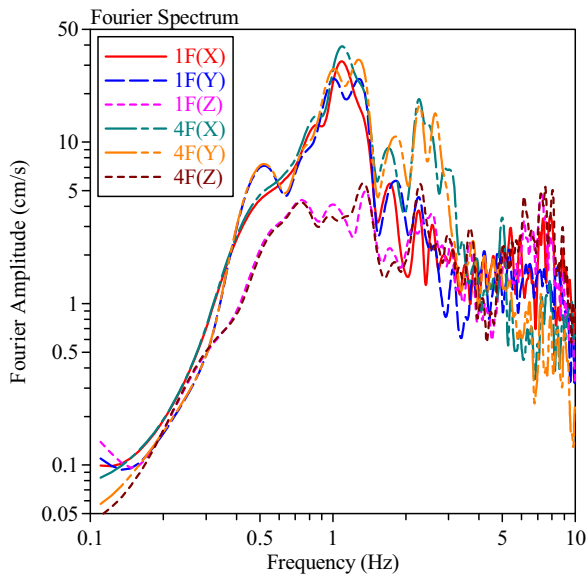


図-3.20 フーリエスペクトル

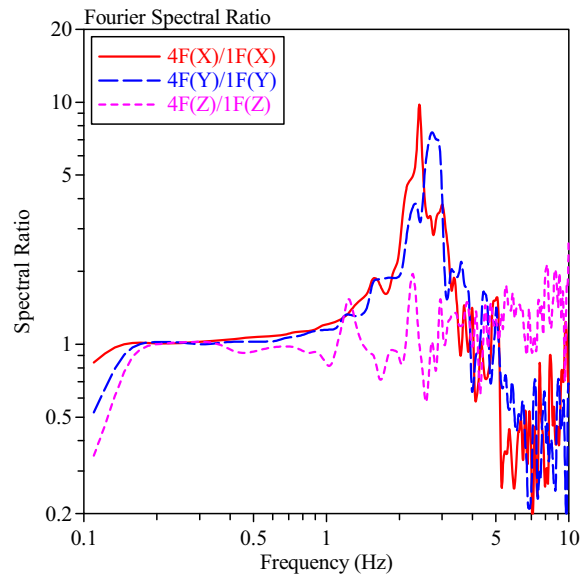


図-3.21 フーリエスペクトル比(4F/1F)

(2) 輪島市門前総合支所

(a) 観測状況

輪島市役所門前総合支所は輪島市門前走出の總持寺祖院参道脇に建つ RC3 階建、一部地下 1 階の建物である(写真-3.5、写真-3.6)。門前支所は L 字型の平面形状をしており、エクスパンションジョイントにより 2 つの部分に分かれている。強震計は、東側の庁舎の地下 1 階(B1F)機械室、及び 3 階(3F)南端の議場避難用バルコニーに、計 2 台設置した(図-3.22、図-3.23、写真-3.7、写真-3.8)。観測期間は 2007 年 3 月 29 日より 5 月 1 日までである。



写真-3.5 門前支所概観(東から)



写真-3.6 門前支所概観(南東から)

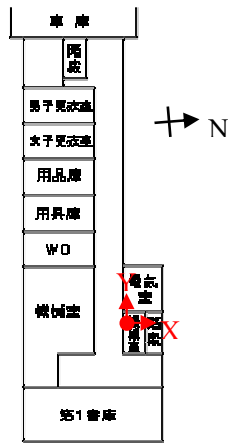


図-3.22 門前支所地下1階設置位置(見取り図は輪島市役所のホームページより)

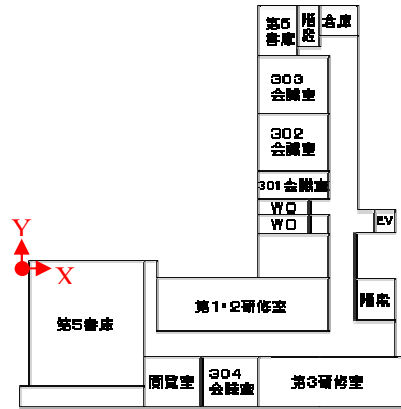


図-3.23 門前支所3階設置位置(見取り図は輪島市役所のホームページより)



写真-3.7 門前支所地下1階強震計設置状況



写真-3.8 門前支所3階強震計設置状況

(b) 観測記録

表-3.6 に、門前庁舎で観測された余震記録の一覧を示す。表中計測震度 (I_s) は地下1階(B1F)の3成分の加速度記録から算出しており、最大加速度 (PGA) はB1Fの3成分の最大加速度のうち最も大きな値を採っている。3月30日から4月28日の約1ヶ月間に観測された地震は34に及ぶ。このうち最大の加速度は3月31日08時09分の地震の 36 cm/s^2 、最大の計測震度は4月6日21時42分の地震の3.0であった。これらの地震も含め、8つの地震で震度3を観測した。

表-3.6 輪島市門前総合支所で観測された余震記録一覧

#	日時	震央地名	h (km)	M	Δ (km)	I_s	PGA
1	2007/03/30 02:05	Noto, Ishikawa Pref.	11	3.5	8	1.0	4.4
2	2007/03/30 04:18	Off Noto Pen.	8	3.1	3	1.5	10.5
3	2007/03/30 14:04	Off Noto Pen.	8	3.7	15	1.0	2.6
4	2007/03/31 01:30	Noto, Ishikawa Pref.	10	2.9	2	1.0	4.7

5	2007/03/31 08:09	Noto, Ishikawa Pref.	13	4.4	6	2.9	36.1
6	2007/03/31 15:34	Off Noto Pen.	6	3.3	9	1.5	5.6
7	2007/04/02 02:51	Off Noto Pen.	12	4.2	11	1.9	12.0
8	2007/04/02 08:01	Off Noto Pen.	7	4.1	14	2.4	20.1
9	2007/04/02 13:50	Noto, Ishikawa Pref.	8	3.2	0	1.2	7.9
10	2007/04/02 17:25	Off Noto Pen.	5	3.2	13	1.2	3.3
11	2007/04/02 21:49	Off Noto Pen.	8	3.3	4	2.7	22.1
12	2007/04/04 08:18	Noto, Ishikawa Pref.	7	3.9	4	2.6	18.2
13	2007/04/05 15:14	W Off Ishikawa Pref.	8	4.3	38	1.9	5.8
14	2007/04/05 22:43	Noto, Ishikawa Pref.	11	3.5	2	1.2	6.5
15	2007/04/06 15:18	Noto, Ishikawa Pref.	12	4.3	2	2.8	22.5
16	2007/04/06 21:42	W Off Ishikawa Pref.	7	4.7	37	3.0	16.9
17	2007/04/06 23:55	W Off Ishikawa Pref.	7	4.3	37	2.5	8.8
18	2007/04/07 18:28	Noto, Ishikawa Pref.	3	2.8	5	1.3	2.7
19	2007/04/08 00:15	Noto, Ishikawa Pref.	3	3.0	3	1.6	9.7
20	2007/04/10 16:50	Noto, Ishikawa Pref.	11	3.4	10	1.3	6.1
21	2007/04/11 22:11	W Off Ishikawa Pref.	8	4.3	39	1.6	3.7
22	2007/04/12 03:37	Off Noto Pen.	5	3.5	11	1.6	6.5
23	2007/04/14 00:28	Off Noto Pen.	3	3.5	8	1.8	5.2
24	2007/04/14 23:08	Off Noto Pen.	6	3.5	5	2.8	26.0
25	2007/04/14 23:45	Off Noto Pen.	6	2.7	5	1.7	9.4
26	2007/04/15 06:38	Off Noto Pen.	5	3.8	5	2.7	28.1
27	2007/04/16 07:24	Off Noto Pen.	5	2.8	8	1.0	4.5
28	2007/04/16 15:29	Off Noto Pen.		4.0	22	2.1	6.2
29	2007/04/24 16:24	Off Noto Pen.	6	2.7	2	1.9	27.6
30	2007/04/26 11:30	Noto, Ishikawa Pref.	11	3.9	6	2.4	14.7
31	2007/04/26 20:15	Off Noto Pen.	6	3.3	2	2.0	20.9
32	2007/04/27 09:06	Noto, Ishikawa Pref.	9	2.9	2	1.2	7.7
33	2007/04/28 03:15	Off Noto Pen.	5	3.8	9	2.1	13.2
34	2007/04/28 17:55	Noto, Ishikawa Pref.	4	3.2	5	1.7	9.2

h: 震源深さ(km), *M*: マグニチュード, Δ : 震央距離(km)、*I*_s: 計測震度(B1Fの記録から算出), *PGA*: 最大加速度(B1Fの3成分の最大のもの cm/s²)

これらの余震記録のうち、3月31日08時09分の地震で得られたB1F及び3階(3F)の加速度記録を図-3.24に示す。B1Fで29 cm/s²から36 cm/s²であった水平成分の最大加速度は3Fで59 cm/s²から89 cm/s²と2倍以上に増幅している。

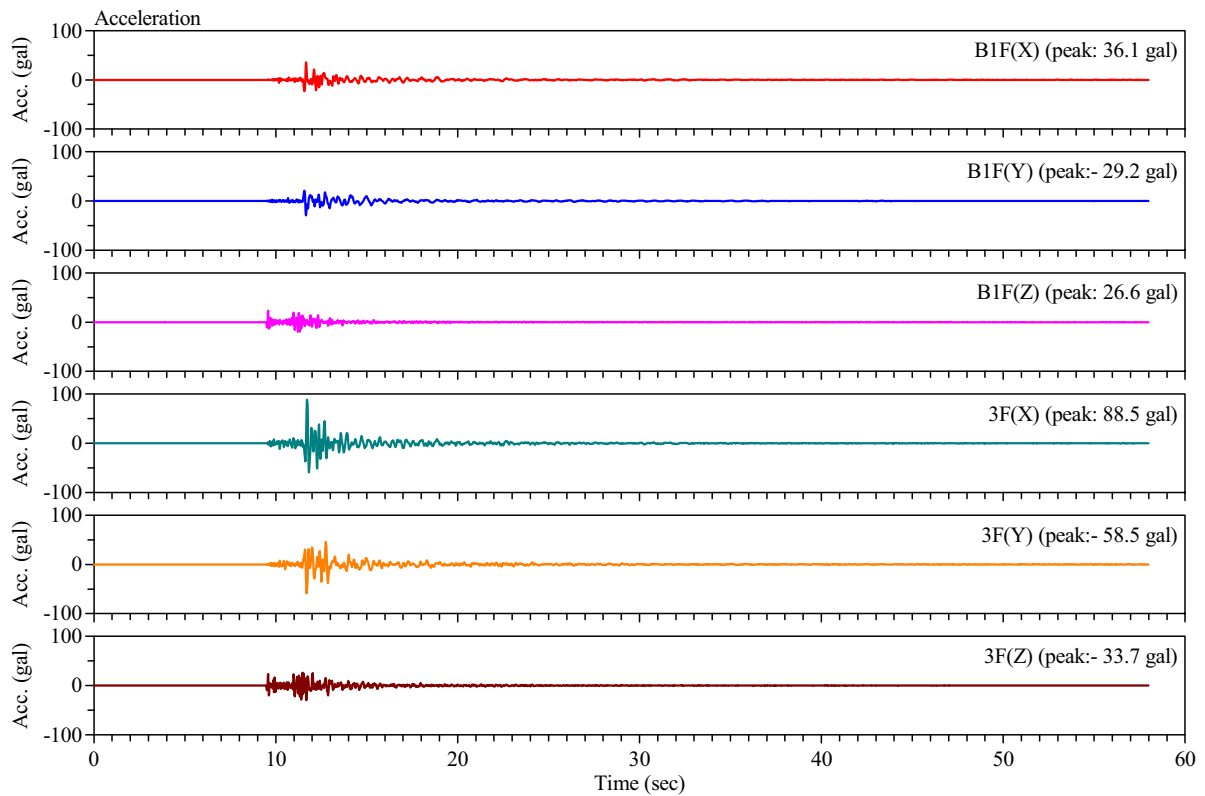


図-3.24 2007年3月28日13時05分の地震の強震記録

図-3.24 の各加速度記録のフーリエスペクトルを図-3.25 に表す。2 Hz 程度までの低振動数成分では、X 方向と Y 方向の B1F 及び 3F とともに大きな違いは見られず 1 Hz 前後にピークが観察できる。2 Hz 以上の高振動数領域では B1F と 3F のフーリエスペクトルに違いが生じてきている。

図-3.26 は 3F の B1F に対するフーリエスペクトル比である。実線が X 方向、破線が Y 方向、点線が Z 方向に対応する。輪島市役所の例ほど明瞭なピークとはなっていないが、最も高いピークの振動数は X 方向で 4.2 Hz、Y 方向で 4.7 Hz となっている。上下動にもピークが表れる複雑な形状をしていることから、振動特性の特定には更に検討が必要である。

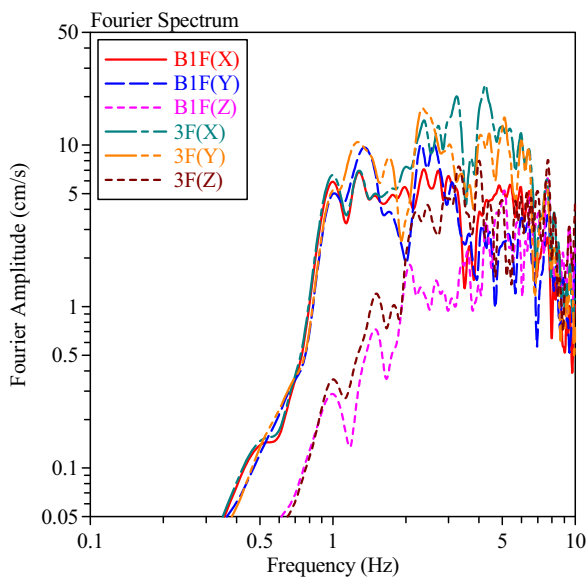


図-3.25 フーリエスペクトル

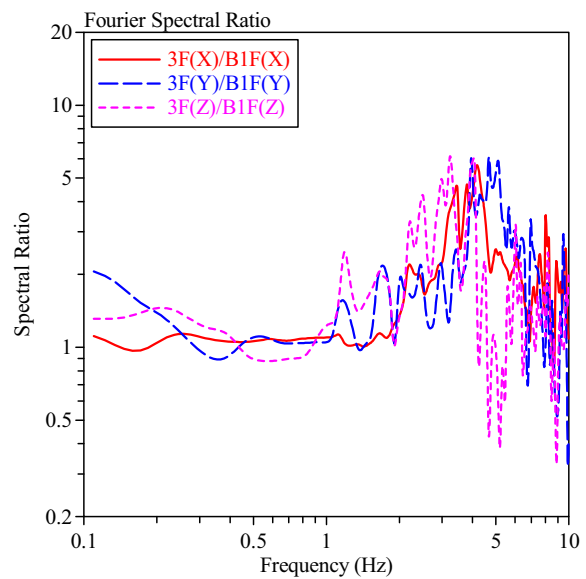


図-3.26 フーリエスペクトル比 (3F/B1F)

3.5 まとめ

2007年3月25日9時41分に発生した能登半島地震は、能登半島の西側の深さ11 kmを震源とする気象庁マグニチュード6.9の地震であった。発震機構は横ずれを含む逆断層で、震源から北東方向に約30 kmほど破壊が伝播したものと考えられる。

この地震によって、気象庁、石川県、及び防災科学技術研究所K-NETの震度観測地点のうち、七尾市田鶴浜町、輪島市鳳至町、輪島市門前町走出、穴水町大町の4箇所で震度6強を、能登半島中央部の9箇所で震度6弱を観測した。震度の大きな地域は概ね震源域の近傍となっている。

震度観測地点のうち気象庁及び防災科学技術研究所K-NETは強震記録が採取され、公開されている。このうち最も近い観測地点は震央距離が6.6 kmのK-NETの志賀町(ISK006)で最大加速度は849 cm/s² (計測震度5.9)であった。また最も大きな計測震度は、震央距離19.4 kmのK-NET穴水(ISK005)で記録された6.3であった。

志賀町富来や輪島市ではそれぞれ気象庁(JMA)とK-NETの2つの観測地点が設置されている。いずれもK-NETは岩盤上に、JMAは堆積地盤上に観測地点があり、堆積層の増幅効果を反映した地震動特性の違いが観察された。特にJMA輪島の記録は1.8秒程度の周期成分の卓越が顕著なものであった。

建築研究所は地震発生の日後の3月28日から輪島市役所及び輪島市門前支所を対象として余震観測を実施した。約1ヶ月の観測期間中に輪島市役所で9地震、門前支所で34地震の余震記録を得ることができた。

輪島市役所の1階の記録をJMA輪島やK-NET輪島の記録と比較したところ、輪島市役所の地震動の特性は30 m程度の堆積層のあるJMA輪島の特性に近いと判断できる。3月28日の余震記録では輪島市役所1F及びJMA輪島のいずれの記録にも1 Hz程度に表層地盤増幅に起因すると思われる卓越が観察できる。なお輪島市役所建物の固有1次振動数はX方向2.4 Hz、Y方向2.7 Hz程度と思われる。

門前支所の余震記録からは、建物3階で4 Hz強の振動の増幅が観察されたが、その挙動は複雑で、建物の振動特性の特定にはより詳細な検討が必要である。余震記録はある程度収集できたので、今後地盤資料などの収集を行い、本震時の地震動の特性を推定する必要がある。

【参考文献/参照サイト】

- 3.1) 気象庁: 「平成 19 年 (2007 年) 能登半島地震」の特集, http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_03_25_noto/index.html
- 3.2) 八木勇治: 2007 年 3 月 25 日能登半島沖の地震, http://www.geo.tsukuba.ac.jp/press_HP/yagi/EQ/20070325/
- 3.3) 防災科学技術研究所強震ネットワーク K-NET: <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/>
- 3.4) 防災科学技術研究所基盤強震観測網 KiK-net: <http://www.kik.bosai.go.jp/>
- 3.5) 日本地質図大系中部地方, 朝倉書店, 1991
- 3.6) 輪島地方合同庁舎地盤調査報告書, 建設省関東地方建設局金沢営繕工事事務所, 1983
- 3.7) 太田裕, 後藤典俊: 横波速度を推定するための実験式とその物理的背景, 物理探鉱, 第 31 巻第 1 号, pp.8-17, 1978
- 3.8) 輪島市役所建設部より入手

4. 木造建築物の被害

4.1 調査概要

4.1.1 調査目的

平成19年能登半島地震発生に伴い、木造建築物にも多数の被害が発生した。国土交通省国土技術政策総合研究所と独立行政法人建築研究所は、地震発生の翌日から木造建築物の被害概況を把握し、以後の調査計画を策定するための基礎資料を得る目的で、初動調査を行った。これを受けて、初動調査に続いて被害概要の把握を継続するとともに、木造建築物の構法、構造要素の配置などを把握し、被害程度との関係から被害の特徴を把握し、被害原因を究明するための基礎資料を得る目的で、2次調査を実施した。

本節では、これらの調査によって得られた調査結果をとりまとめるとともに、収集した資料、情報から耐力壁量と被害程度の関係に関する考察を行い、被害原因に関する検討の結果について述べる。

4.1.2 調査日程

初動調査：平成19年3月25日（日）～27日（火）

2次調査：平成19年3月29日（木）～4月2日（月）

4.1.3 調査チームの構成

①調査者

国土交通省国土技術政策総合研究所

建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官 榎本敬大（3/25～27, 3/29～4/2）

独立行政法人建築研究所

構造研究グループ上席研究員 河合直人（3/29～4/1）

材料研究グループ主任研究員 山口修由（3/29～4/1）

材料研究グループ主任研究員 中川貴文（3/29～4/1）

構造研究グループ交流研究員 村上知徳（3/29～4/1）

②調査協力者

石川県林業試験場資源開発部 専門研究員 鈴木修治（3/26～27, 3/30～4/2）

独立行政法人森林総合研究所構造利用研究領域チーム長 杉本健一（3/29～4/2）

石川県林業試験場資源開発部 主任技師 松元 浩（3/30～4/2）

4.1.4 調査スケジュール

①初動調査

3月25日 10:42頃地震発生、陸路にて富山市入り

3月26日 輪島市役所、輪島市門前総合支所において情報収集

輪島市^{おいせ}小伊勢地区、^{とうげ}門前地区、道下地区、黒島地区の被害概況調査

3月27日 穴水町大町地区、七尾市田鶴浜地区、同奥原地区の被害概況調査

②2次調査

3月29日 陸路にて金沢市入り

3月30日 七尾市中島町の被害概況調査、輪島市門前町門前・館・走出地区の被災家

屋の詳細調査概要調査

- 3月31日 輪島市門前町道下地区の被災家屋の詳細調査
- 4月1日 M中学校被害状況調査、輪島市小伊勢町、鳳至町、河井町の被災家屋の詳細調査
- 4月2日 輪島市山岸町、河井町、門前町道下の集成材建築物の被害状況調査

4.1.5 調査内容

①初動調査

石川県、輪島市からの情報提供に基づき、被害が集中しており、かつアクセスが可能な地区を調査対象に選定し、輪島市の中心市街地周辺、同市門前町門前、走出、館、道下、黒島地区、穴水町大町地区、並びに調査地への経路上経由する七尾市の田鶴浜、奥原地区等において、主として道路からの観察及び建物の外観目視により被害の概要調査を行った。

②2次調査

初動調査の結果、被害率が高いと判断された輪島市鳳至町、河井町、小伊勢町、並びに同市門前町門前、館、走出地区、及び道下地区の被災した木造建築物のなかから、詳細な調査を実施する建物を選定して、詳細調査を実施した。調査対象の選定にあたっては、可能な範囲で、残留変形が大きいなど被害の大きい物件と、その近傍に建つ外観上は被害が比較的軽微に見える物件を選定した。

詳細調査では、建築物の属性（階数、用途、構造方法、地下または基礎の構造方法等）、敷地条件（地盤の状況、擁壁の有無等）とその被害状況、基礎、土台、外壁、内壁、屋根の仕様とその被害程度、主要構造部分の仕様（柱、筋かいの寸法と留め付け方法等）とその被害程度を調査するとともに、各部の残留変形を計測し、建築物の間取り及び壁の配置等の作図又は図面の収集し、併せて建設年代や増改築履歴等に関する居住者に対するヒアリングを行っている。

その他、輪島市内の学校建築、寺社建築、集成材建築等について被害状況を調査した。

以上、調査を行った主な地域と震源の関係を図-4.1に示す。各地の調査日等を整理すると以下の通りとなる。

調査地	概要調査	第2次(詳細)調査
輪島市鳳至町・河井町・小伊勢町	3/26	4/1
輪島市門前町門前・走出・館地区	3/26	3/30
輪島市門前町道下地区	3/26	3/31
輪島市門前町黒島地区	3/26	—
穴水町大町地区	3/27	—



図-4.1 平成19年能登半島地震の震央と本報告の調査地

4.2 各地の木造建築物の被害

以下に地域ごとの被害の概況を示す。被害状況に関する記述は、両研究所による現地調査に基づいて現段階での学術的な見解を示したものであり、各自治体が発行する罹災証明における全壊、半壊の判断等に関係しない。

4.2.1 輪島市（旧輪島市地域）の被害概況

1) 輪島市役所から収集した情報等

- ・ 被害の集中した地区は、鳳至地区、河井地区であるが、小伊勢地区にも倒壊家屋がある。
- ・ 旧門前町地区の被害も大きいようだが、全半壊が何棟あるか等の情報は3/26の時点で市役所にも上がって来ていなかった。
- ・ 応急危険度判定は、石川県内の行政職員で3/26から開始した模様。旧門前町地区を優先的に実施する予定とのこと。
- ・ 輪島市役所庁舎は耐震補強済で、躯体のひび割れ、残留変形、傾斜等皆無。
- ・ 庁舎に隣接する駐車場等の地盤変状多数確認。
- ・ 各地区の3/26現在の被害数は表-4.1の通りで住宅の全壊15棟、半壊48棟、非住宅建築物の全壊10棟、半壊15棟などであったが、最終的2)には住宅の全壊174棟、半壊256棟、一部損壊4,588棟、非住宅の全壊305棟、半壊241棟、一部損壊1,531棟となった。
- ・ 市内山間部のM小学校の被害が比較的大きいという情報を得た。
- ・ 各調査地点の位置関係は図-4.2の通り。

表-4.1 輪島市（旧輪島市地域）の被害概況（3/26 現在）

	世帯数*	住宅		非住宅		
		全壊	半壊	全壊	半壊	
河井地区	1,821	5	21	5	2	
鳳至地区	1,025	5	9	1	5	
海土地区	660					
輪島崎地区	806		1			
大屋地区**	2,204	3	6	3		
河原田地区	811	2	5	1	5	
鵜巣地区	618		2		1	
町野地区	1,143		1		2	
三井地区	1,201		1			
南志見地区	427		2			
西保地区	266					
計	9,947	15	48	10	15	
以下、輪島市災害対策本部発表（H19.4.27 現在）に基づき、H19.5.9 追加記述						
旧輪島市地域合計	全壊	半壊	一部損壊	全壊	半壊	一部損壊
	174	256	4,588	305	241	1,531

*：世帯数は平成19年2月1日現在

**：小伊勢地区を含む



図-4.2 輪島市（旧輪島市地域）調査範囲

2) 鳳至地区の木造の被害概況

- ・ 比較的古い住宅が密集している地区。
- ・ チップ工場の社屋、倉庫兼住宅が、それぞれ倒壊（写真-4.1）、大破（写真-4.2）していた。
- ・ 土塗り壁などを有する比較的古い構法による建物が選択的に倒壊（写真-4.3）している。倒壊家屋の部材には腐朽（写真-4.4）が確認された。



写真-4.1 倒壊したチップ工場



写真-4.2 倒壊寸前のチップ工場の倉庫



写真-4.3 鳳至地区で選択的に倒壊した家屋



写真-4.4 左の家屋の鉄骨梁と木材柱の腐朽

3) 河井地区の木造の被害概況

- ・ 比較的古い家屋が密集しているが、比較的店舗の割合が高い。朝市通り商店街なども含む。
- ・ 土塗り壁などを有する比較的古い構法による建物（写真-4.5）や、構造的配慮が不足しているであろうと想像される店舗（写真-4.6）や1階が倉庫か車庫としている家屋（写真-4.7）が選択的に倒壊または大破していた。道路をふさぐような倒壊例（写真-4.8）も散見された。
- ・ ほぼ大破した鉄骨造もあったが、朝市商店街は比較的被害は軽微。
- ・ K-net 輪島付近の正覚寺は、ガラスのカーテンウォールが部分的に割れたり（写真-4.9）、傾斜するなどの被害があり、鐘突堂は倒壊していた。一方、正覚寺から 150 m 程度しか離れていない浄願寺は、ほぼ無被害（写真-4.10）であった。



写真-4.5 倒壊寸前の土塗り壁を有する家屋



写真-4.6 大きく傾いた店舗併用住宅



写真-4.7 1階車庫か倉庫の建物の倒壊



写真-4.8 道路をふさぐ倒壊例



写真-4.9 カーテンウォールの被害



写真-4.10 ほぼ無被害の寺社建築

4) 小伊勢地区の木造の被害概況

街道（国道249号線）沿いに民家が建ち並ぶ比較的小さな集落。倒壊（写真-4.11）、大破（写真-4.12）が2, 3棟あった。



写真-4.11 小伊勢地区の倒壊家屋



写真-4.12 小伊勢地区で大破した家屋

4.2.2 輪島市（旧門前町地域）の被害概況

1) 輪島市門前総合支所（旧門前町役場）から得た情報等

- ・ 旧門前町地域の被害概況は表-4.2に示す（3/26 現在）通りである。門前地区門前・舘・走出と諸岡地区道下に被害が多いことが判明。
- ・ 石川県が輪島市門前総合支所敷地内に設置した震度計は、計測震度 6.4、最大加速度 1303.8 gal を記録していた。
- ・ 各調査地の位置関係は図-4.3の通りである。

表-4.2 輪島市（旧門前町地域）の被害概況（3/26 現在）

地区	町名	世帯数*	住宅	
			全壊	半壊
門前地区	門前	71	2	5
	舘	55	4	1
	走出	85		2
	広瀬	54	1	
	深田	36		2
	上記以外	504		
諸岡地区	道下	290	19	49
	鹿磯	116	1	
	上記以外	65		
黒島地区	黒島町	228		5
本郷地区	本内	16		4
	上記以外	368		
その他		1,398		
合計		3,286	27	68
以下、輪島市災害対策本部発表（H19.4.27 現在）に基づき、H19.5.9 追加記述				
		全壊	半壊	一部損壊
旧門前町 地域合計	住家	272	481	2,802
	非住宅	970	811	2,991

*：世帯数は、輪島市役所提供資料に基づく



図-4.3 輪島市（旧門前町地域）調査範囲

2) 門前地区（門前・館・走出）の被害概況

旧門前町役場周りの商店街。目抜き通りの奥には民家も建つ。合計では200戸程度はある。門前地区内の小字館地区では、倒壊した家屋が建ち並んでいた（写真-4.13）。通りに面した店舗併用住宅などを中心に見える範囲で被害棟数をカウントしたところ、96棟のうち、倒壊14棟、残留変形が主観的に1/10 rad程度あるもの（写真-4.14）、または柱等の構造躯体の折損（写真-4.15）が外部から確認できたものが24棟確認された（図-4.4：個々の住宅が特定されないよう解像度を落としている）。残りの58棟も無被害ではなく、屋根瓦や外壁の一部崩落などの被害はあるものの残留変形が1/10 radに達しないもの、外部から構造躯体の折損が確認できなかったものを含んでおり、自治体が発行する罹災証明における全壊・半壊等とは何ら関係がない。門前・館・走出地区は南東の総持寺を最高点として、西と北に向かって緩やかに傾斜しているが、最も低い南西側と北東側に被害が集中していることが分かる。

寺社建築では、総持寺の山門（写真-4.16）や本堂（写真-4.17）はほぼ無被害に見えたが、手洗い場の東屋が倒壊（写真-4.18）し、山門の奥左側の建物が極めて大きな被害（写真-4.19）を受けていた。一方、興禅寺は、大部分が倒壊（写真-4.20）し、壊滅的な被害を受けていた。

門前地区の店舗または店舗併用住宅商店街は、残留変形が大きいもの（写真-4.21）や倒壊したもの（写真-4.22）が確認された。走出地区の民家の中には、大きな被害を受けたものの、残留変形が小さい民家（写真-4.23）があったが、筋かいが入っていた（写真-4.24）ことが分かる。その他、道路側に大きく傾いた家屋や、住民が大きく傾いた住戸へ出入りする、近づいて話をしているなど危険な状況が見受けられた。

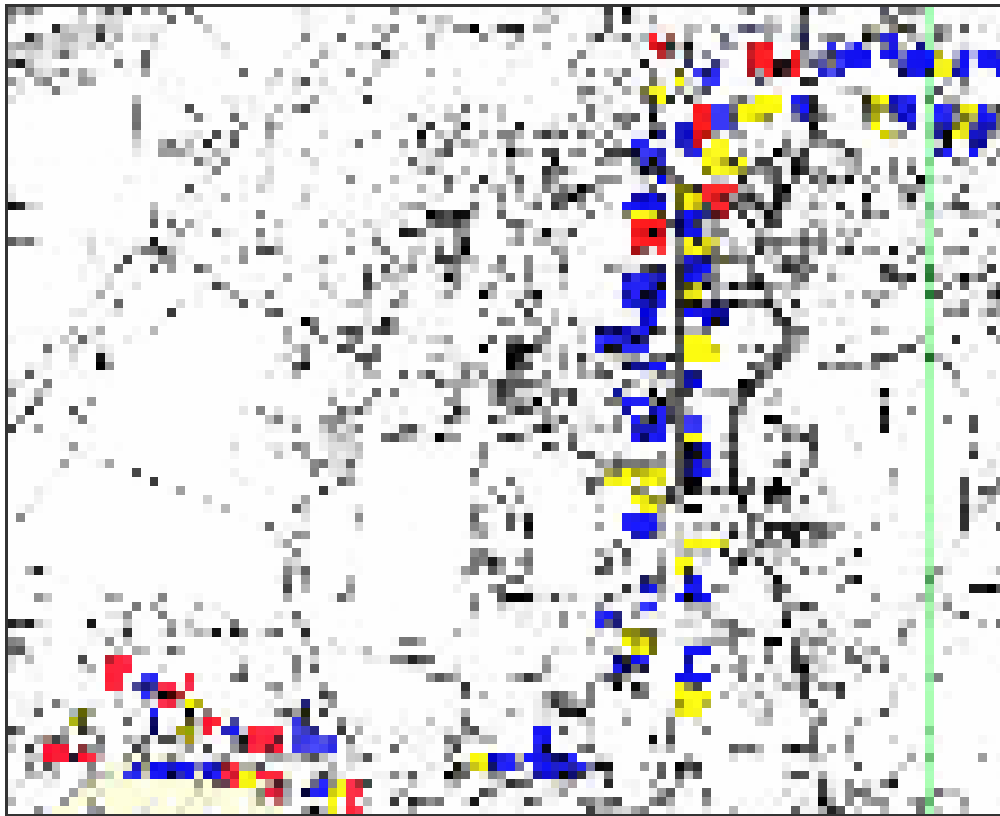


図-4.4 門前地区の倒壊した建物と極めて甚大な被害を受けた建物の位置

(■：倒壊、■：1/10 rad を超える残留変形等、■：残留変形が1/10 rad を超えない等)

注：自治体が発行する罹災証明における全壊・半壊等とは何ら関係がない。



写真-4.13 倒壊家屋が建ち並ぶ門前地区



写真-4.14 道路側に大きく傾いた家屋



写真-4.15 倒壊は免れたが柱が折損した住宅



写真-4.16 ほぼ無被害の総持寺山門



写真-4.17 ほぼ無被害の総持寺本堂



写真-4.18 倒壊した手洗い場の東屋



写真-4.19 被害が大きい山門左奥の建物



写真-4.20 倒壊して壊滅的な被害を受けた興禅寺



写真-4.21 大きな被害を受けた店舗併用住宅



写真-4.22 倒壊した店舗併用住宅



写真-4.23 被害は受けたが残留変形小の民家



写真-4.24 左の民家の筋かい

3) 道下地区の被害概況

街道沿いに約 300 戸を超える程度の比較的古い構法の民家が建ち並ぶ集落。世帯数は 290 あり、街道から奥へ入った家屋の被害状況は時間的制約から調査していない。街道沿いの建物に店舗併用住宅も含むが、その割合は高くない。通りに面した家屋などを中心に見える範囲で被害棟数をカウントしたところ、313 棟のうち、倒壊 17 棟、残留変形が主観的に 1/10 rad 程度あるもの、または柱等の構造躯体の折損が外部から確認できたものが 66 棟確認された(図-4.5: 個々の住宅が特定されないよう解像度を落としている)。残りの 230 棟も無被害ではなく、屋根瓦や外壁の一部崩落や内装や建具の損壊(写真-4.25)などの被害はあるものの残留変形が 1/10 rad に達しないもの、外部から構造躯体の折損が確認できなかったものを含んでおり、自治体が発行する罹災証明における全壊・半壊等とは何ら関係がない。被害の程度は旧輪島市地域や門前町・門前・館・走出地区、次節の黒島地区より大きく、かつ、被害率も高い可能性が示唆される。また、被害の分布から、集落の西側に大きな被害が目立つが、これは改修前の河川が集落の西端部をかすめるように走っていた¹⁾ ことにより、地盤が悪かったためと推測される。

土塗り壁を有するなどの比較的古い構法(写真-4.26)のみならず、比較的新しい構法である可能性があるもの(写真-4.27)が倒壊している例も確認された。

道下地区の南側に隣接する丘の上にある墓地における墓石はその転倒方向に規則性が無く、ほぼ全てが転倒していた(写真-4.28)。ほぼ東西方向が目抜き通りの方向でこれに面する建築物の間口には開口が多く、直交方向は比較的壁が多いため、東西方向が弱軸方向となっており、同方向大きな残留変形を有する

建物（写真-4.29）が多いが、これに直交した住戸は南北方向に大きな残留変形を有するもの、特に道路側に大きな残留変形を有する建物（写真-4.30）が比較的多いのが目に付いた。

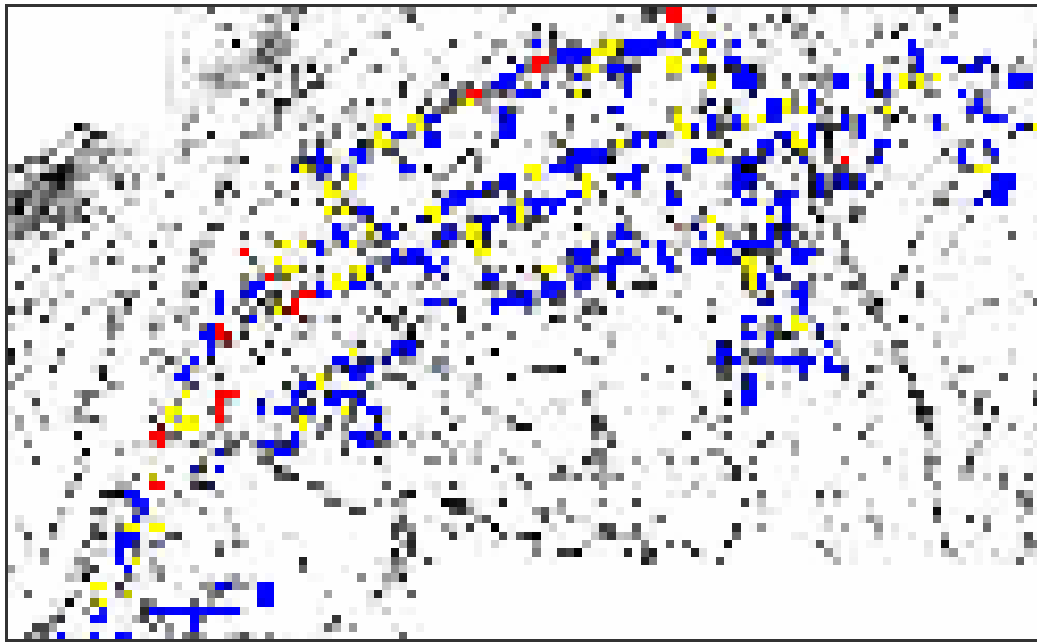


図-4.5 道下地区の倒壊した建物と極めて甚大な被害を受けた建物の位置

（■：倒壊、■：1/10 rad を超える残留変形等、■：残留変形が1/10 rad を超えない等）

注：自治体が発行する罹災証明における全壊・半壊等とは何ら関係がない。



写真-4.25 外装、建具が大破した建物



写真-4.26 比較的古い構法の倒壊家屋



写真-4.27 比較的新しい構法と想像される
倒壊家屋



写真-4.28 ほぼ全てが転倒した墓石



写真-4.29 通りの方向の残留変形が大きい住宅



写真-4.30 道路側に大きく傾斜した家屋群

4) 黒島地区の被害概況

海岸沿いの傾斜地には200戸程度（世帯数は228）の民家が建ち並び比較的小さな集落（写真-4.31）。資料館並びの民家の残留変形（写真-4.32）が大きかった。

倒壊した建物（写真-4.33、4.34）も確認されたが、限定的で、納屋、倉庫の類の可能性が高かった。地滑りは確認されなかったが、擁壁の小規模な破壊は確認された。

3月26日13:00現在で、一部の建築物について応急危険度判定が実施済であった。

通りに面した住宅などを中心に通りから見える範囲で被害棟数をカウントした。431棟のうち、倒壊14棟、残留変形が主観的に1/10 rad程度あるもの、または柱等の構造躯体の折損が外部から確認できたものが49棟確認された（図-4.6：個々の住宅が特定されないよう解像度を落としている）。残りの368棟も無被害ではなく、屋根瓦や外壁の一部崩落などの被害はあるものの残留変形が1/10 radに達しないもの、外部から構造躯体の折損が確認できなかったものを含んでおり、自治体が発行する罹災証明における全壊・半壊等とは何ら関係がない。被害分布から、道下地区に近い方（図-4.6における右上）に大きな被害が集中し、集落の南半分はほとんど被害軽微であった。

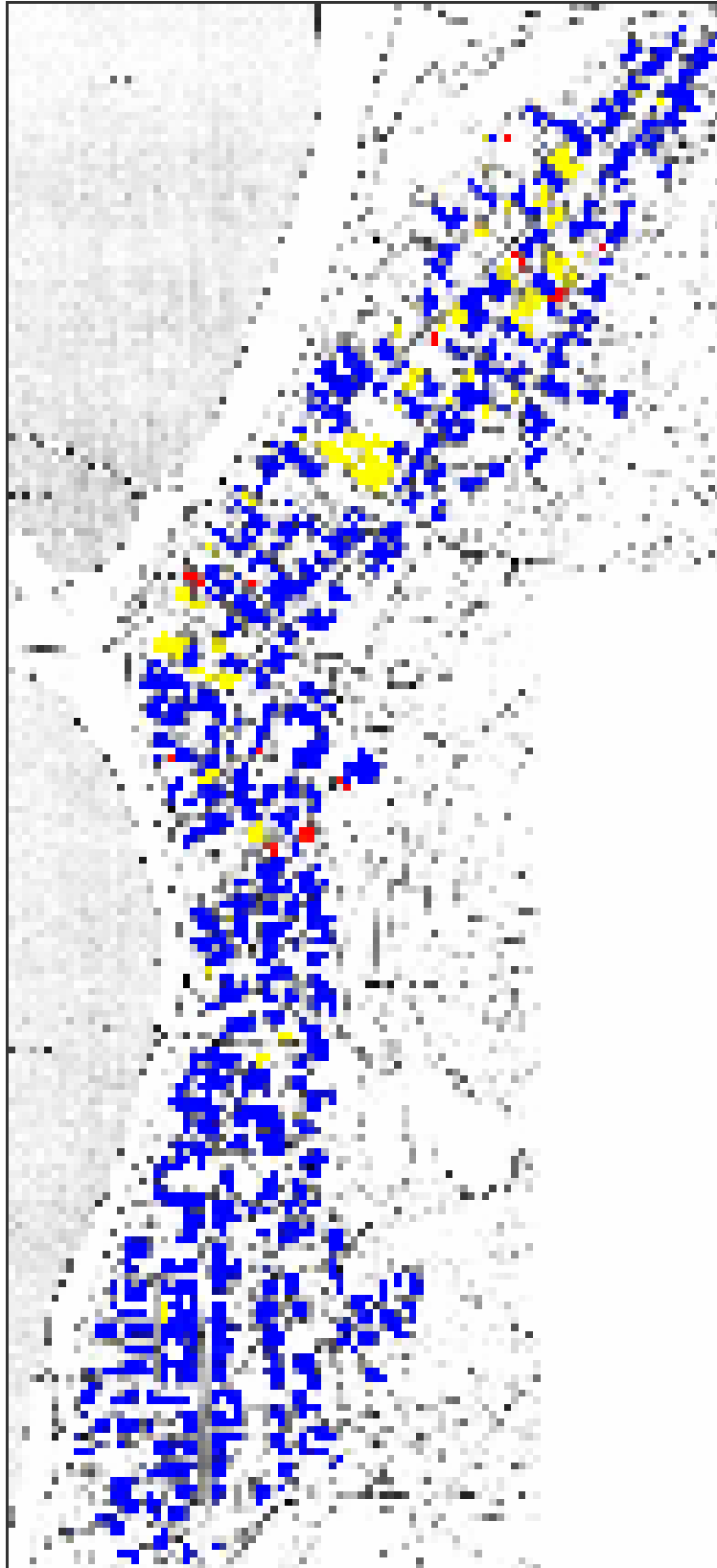


図-4.6 黒島地区の倒壊した建物と極めて甚大な被害を受けた建物の位置
(■：倒壊、■：1/10 rad を超える残留変形等、■：残留変形が 1/10 rad を超えない等)
注：自治体が発行する罹災証明における全壊・半壊等とは何ら関係がない。



写真-4.31 黒島地区の中腹の町並み



写真-4.32 残留変形が大きい住宅



写真-4.33 黒島地区の海岸付近の町並みと
倒壊建物



写真-4.34 倒壊した納屋又は倉庫

5) 鹿磯地区

遠方から見るとブルーシートで覆われた屋根が多く(写真-4.35)、屋根の被害が多かったことが分かる。集落にはいると、残留変形1/10以上の建物が数軒存在することが分かった。鹿磯地区のはずれ、道下地区の中心部と八ヶ川を挟んで北側に位置する木造の工場の社屋が倒壊(写真-4.36)していた。道下地区中心部に近づくにつれて被害が大きくなっている可能性がある。液状化痕も確認された。



写真-4.35 鹿磯地区で倒壊した製材工場



写真-4.36 鹿磯地区で倒壊した製材工場

4.2.3 穴水町の被害概況

1) 穴水町役場から得た情報等

- ・ 被害は、のと鉄道穴水駅北東側の大町地区 50m の範囲に全壊家屋が集中。それ以外では穴水中学校南西側に半壊家屋が建ち並ぶ地域がある。
- ・ K-net 穴水が設置してあるという穴水駅北西 100 m の公園の位置情報特定。
- ・ 穴水町は全体で約 3,780 世帯
- ・ 避難所は林業センター、情報センター、保健センターの 3 カ所で、地震当日は 100 名以上避難していたが、26 日夜の時点では 74 名。
- ・ 27 日現在でも 100 世帯以上が断水中で、自衛隊による給水が町内 5 カ所で行われている。
- ・ 穴水町へ報告の上がってきている建物の被害は表-4.3 の通り。
- ・ 各調査地の位置関係は図-4.7 の通り。



図-4.7 穴水町調査範囲

表-4.3 穴水町の被害概況 (3/26 現在)

	全壊	半壊	一部損壊	計
住宅	13	21	107	141
その他	7	7	49	63
計	20	28	156	204
以下、穴水町役場公表 (H19. 4. 26 現在) に基づき、H19. 5. 9 追加記述				
住宅 (大町川島地区)	67	87	379	533
非住宅	127	67	180	374
計	194	154	559	907

2) 穴水駅北西側 (穴水町大町) の木造の被害状況

店舗、または店舗併用住宅が隙間無く駅前を目抜き通り沿いに並んでいる (写真-4. 37)。

目抜き通りの商店の裏には一般的な木造住宅が建っており、専用住宅の倒壊例はほとんどないが、被害を受けた建物は多くあった。(写真-4. 38) 3月27日現在、一部では倒壊した家屋の撤去が始まっていた。商店街の中程には、川が流れ水上交通の面影が残る (写真-4. 39) が、擁壁には被害がほぼ無いようにみえた。県道1号線の両側にも店舗、または店舗併用住宅が隙間無く並んでおり、中には数十 m 奥まで続く町屋 (写真-4. 40) もあった。倒壊した建物 (写真-4. 41、4. 42) は少ないが、極めて大きな残留変形があるなどの大きな被害を受けたもの (写真-4. 43、4. 44) が多くあった。通りに面した店舗併用住宅などを中心に見える範囲で被害棟数をカウントしたところ、61 棟のうち、倒壊 4 棟、残留変形が主観的に 1/10 rad 程度あるもの、または柱等の構造躯体の折損が外部から確認できたものが 23 棟確認された (図-4. 8 : 個々の住宅が特定されないよう解像度を落としている)。残りの 34 棟も無被害ではなく、屋根瓦や外壁の一部崩落などの被害はあるものの残留変形が 1/10 rad に達しないもの、外部から構造躯体の折損が確認できなかったものを含んでおり、自治体が発行する罹災証明における全壊・半壊等とは何ら関係がない。被害は南北に走る県道1号線沿いよりも、穴水駅近くの半径 70 m の範囲に集中している。



写真-4. 37 穴水の商店街



写真-4. 38 商店街裏手の住宅

その他、外観上無被害のように見えても、居住者らによれば柱等の構造躯体が損傷したとされる家屋 (写真 5. 43)、隣同士で衝突し、双方が反対側へ傾いたもの (写真 5. 44)、生物劣化を含むもの (写真 5. 45、5. 46) などが確認された。敷地の崩壊、ひび割れ等の被害は見られなかったが、複数の河川が市街地中央を蛇行して走っていることもあり、地盤は良くない地域であると想像された。

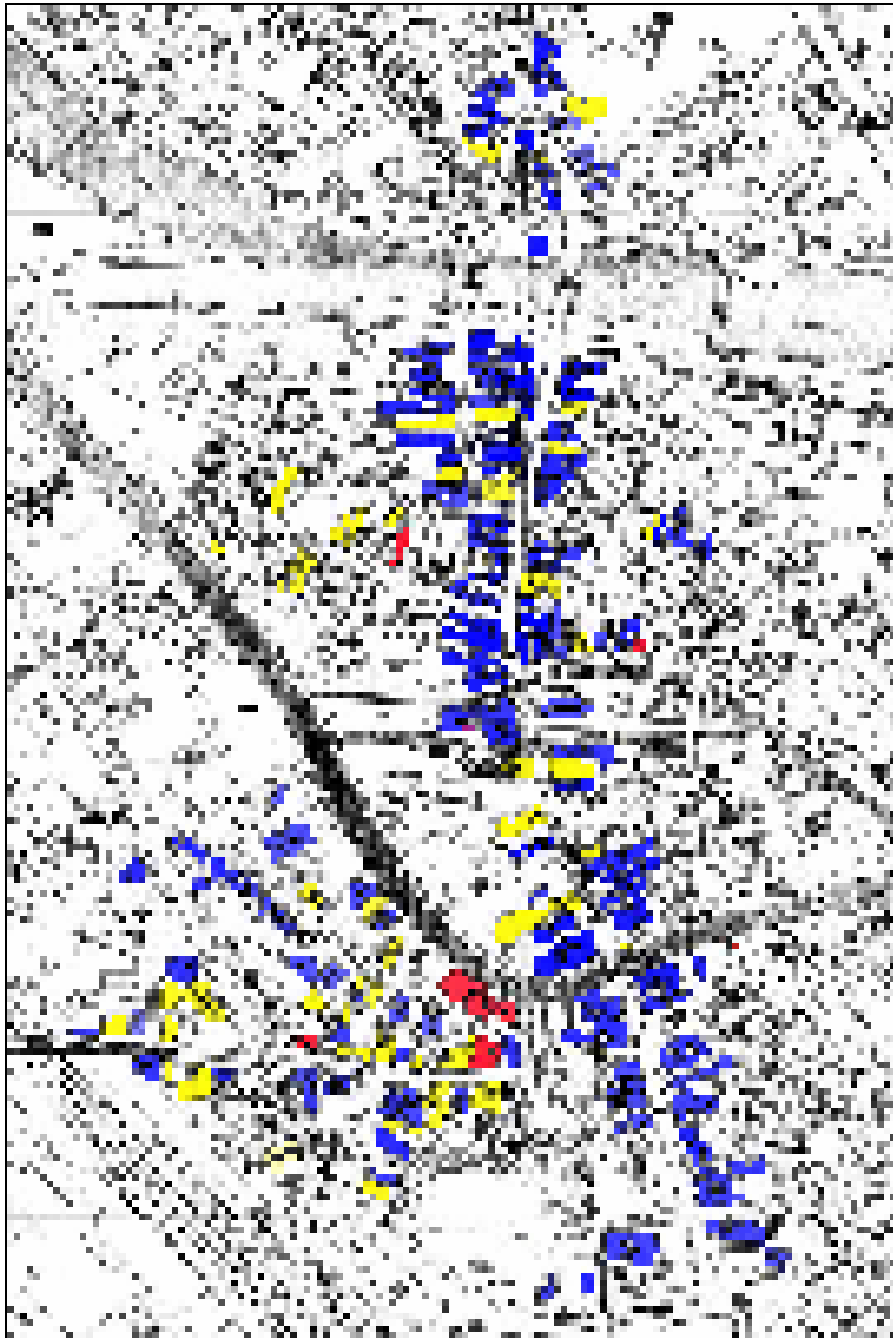


図-4.8 黒島地区の倒壊した建物と極めて甚大な被害を受けた建物の位置
(■：倒壊、■：1/10 rad を超える残留変形等、■：残留変形が1/10 rad を超えない等)
注：自治体が発行する罹災証明における全壊・半壊等とは何ら関係がない。



写真-4.39 商店街を流れる川



写真-4.40 数十m奥まで続く町屋



写真-4.41 倒壊した店舗



写真-4.42 倒壊し車両をつぶした家屋



写真-4.43 残留変形が大きい店舗併用住宅



写真-4.44 倒壊寸前の建物



写真-4.45 外観上被害が軽微な建物



写真-4.46 衝突して外側へ傾いた建物



写真-4.47 躯体の腐朽が確認された店舗



写真-4.48 木造躯体の腐朽

3) 穴水中学校周辺（穴水町大町）の木造の被害状況

県道 50 号線に沿って建ち並ぶ民家の屋根瓦は、ほぼすべて何らかの被害を受けていた。多くの建物が、大きな残留変形（写真-4.49）や、比較的大規模な外壁の剥落等の大きな被害（写真-4.50）を受けていた。倒壊家屋は確認されなかった。



写真-4.49 残留変形が大きい車庫付き家屋



写真-4.50 大破した家屋

4.2.4 七尾市の被害概況

1) 七尾市役所が発表した被害状況に関する情報等

東京大学生産技術研究所腰原幹雄助教授、首都大学東京藤田香織准教授より、七尾市役所から得た民間建築物の被害概況に関する情報を提供された。概要は表-4.4 の通り。民間建築物の被害概況なので、非木造建築物の被害状況も含むが、被災地域の建築物の構造種別は、圧倒的に木造が多いので、ほぼ木造建築物の被害棟数と考えてよいだろう。中島地区の被害が多いが、時間的な制約から被害状況の調査はしていない。

各調査地の位置関係は図-4.8 の通り。



図-4.8 七尾市調査範囲

表-4.4 七尾市における民間建築物の被害概況 (3/27(火)7:30 現在)

地区	被害 全壊	半 壊	一部損壊					塀等
			壁、柱、基礎等	屋根等	窓ガラス等	その他	小計	
七尾地区	3	2	47	15	4	6	72	13
田鶴浜地区	0	2	12	16	2	1	31	7
中島地区	3	6	76	117	0	9	202	12
能登島地区	0	0	4	5	0	1	10	9
以下、七尾市役所公表 (H19. 5. 9 現在) に基づき、H19. 5. 9 追加記述								
			全壊	大規模半壊	半壊	一部損壊	計	
七尾市合計	住 家		59	28	153	1438	1678	
	非住家		98	8	112	566	784	
	計		157	36	265	2004	2462	

2) 七尾市田鶴浜支所庁舎周辺の被害状況

旧田鶴浜町舎である支所庁舎自体は、ほぼ無被害。敷地の地盤変状が大きく、噴砂痕(写真-4.51)が見られた。液状化のため、震度計が傾いていた。震度計は、計測震度 6.2、最大加速度 745.9 gal を記録していた。

また、地震直後の田鶴浜支所庁舎内の様子、並びに庁舎周辺の住宅や地盤の被害状況を撮影した画像の提供を受けた。

周囲の木造建築物は、倒壊するか大破した1棟の解体が進んでいた。その他、国道 249 号線沿いにも残留変形が大きな家屋(写真-4.52)が選択的に存在した。被害の程度、割合ともに輪島市、穴水町よりは軽微。



写真-4.51 田鶴浜支所裏の噴砂痕



写真-4.52 国道 249 号線沿いの被害家屋

3) 七尾市奥原地区の被害

伝統的構法による民家が散在する地区。作業所または倉庫の倒壊(写真-4.53)の他、大きな被害を受けた民家(写真-4.54)が散見された。



写真-4.53 倒壊した作業所または倉庫



写真-4.54 奥原地区で大破した家屋

4) 七尾市中島町西岸付近の被害

国道 249 号線に数十戸の家屋が建ち並ぶ集落であるが、被害は軽微である。多少の残留変形が残る家屋が確認された (写真-4.55)。その他、屋根の被害なども確認されたが、いずれも軽微であった。



写真-4.55 多少の残留変形が残る家屋



写真-4.56 西岸地区の屋根の被害例

¹⁾ 東京大学生産技術研究所小長井研究室ホームページ : <http://shake.iis.u-tokyo.ac.jp/home-new/provisional%20report%202007-4-24.pdf>

4.3 被災木造建築物の詳細調査

4.3.1 調査方法

同一地区内ではほぼ同じ建設年代、構造仕様、規模を有する複数の家屋のうち、大きな被害を受けたもの（倒壊したものを除く）と被害が軽微だったものを詳細に調査した。調査対象の外観を写真-4.57、その一覧を表-4.5に示す。



写真-4.57 詳細調査対象物件の外観

調査内容は可能な範囲で以下の通りとした。

- ・ 建物の平面図を採取、または所有している場合には拝借・複写、または撮影
- ・ 建物の構造仕様、構造要素の配置等を把握
- ・ 残留変形の測定、被害状況の観察・記録
- ・ 築年数、増改築履歴、地震時の状況等についてヒアリング

なお、残留変形の測定に際しては、やむを得ない場合を除いて、測定高さをなるべく大きめにとるなどして、層間変形と相違ない変形角が得られるように配慮した。以下、物件ごとに建物概要と被害概況を述べ、各物件の平面図を図-4.10以降に概ね床面積の順に示す。

表-4.5 詳細調査対象物件リスト（公開時は物件名を記号化）

地区	邸名	築年数	階数	応急危険度	残留変形角の最大値	被害概況	図面
輪島市 旧輪島市地域	W-1	82年	2	要注意	東 1/51	輪島漆師屋。土台が最大9cmずれる。	作図
	W-2	56年	3	—	0	前と後ろは20年前の増築。ほぼ無被害。	作図
	W-3	100年以上	2	危険	約 1/140	間仕切りに入れた筋かいに押されて、柱が折損。土台ずれあり。	作図
	W-4	96年	2	危険	北 1/8 西 1/9	道路側ほぼ全面開口。昭和40年頃増築した奥の居住部分ほぼ無被害。	作図・入手
	W-5	48年	総2	要注意	1/83	道路側全面開口。1階の壁が少ない。経年変位はかなり大きい、残留が小さい。	作図
	W-6	30年	2	危険	北 1/9	近隣の中で際だって被害が大きいものの一つ。蓮田の跡地とのこと。	作図
	W-7	45年	2	要注意	北 1/50	稲木邸の北側に隣接。稲木邸より被害軽微。両端部分は35年前の増築。	作図
	W-8	5年	2	—	0	隅部のRC造と集成材架構の混構造。接続部近辺に内装等の損傷、込栓脱落等あり。	撮影
輪島市 門前町 門前・館・走出	M-1	40年	2	危険	北 1/180	道路側ほぼ全面開口。	作図
	M-2	29年	2	要注意	北 1/40	元3階建ての3階を火災延焼で2階建てに(50年前)した店舗併用住宅	作図
	M-3	44年	2	危険	南 1/5 西 1/55	店舗部分10年前に増改築	作図
	M-4	80年	2	危険	南 1/9 西 1/55	輪島市指定重要文化財。内壁の崩落等被害大。	作図
	M-5	0	2	—	0	施工途中で被災。筋かいが極めて多い。ほぼ無被害。	入手
	M-6	80年	2	危険	西 1/8.6	3年前に瓦葺き替、葺土なし。	作図
輪島市 門前町 道下	T-1	50年	2	危険	北 1/17	隅の柱折損	作図
	T-2	80年	2	危険	西 1/30 南 1/30	礎石の上で土台が滑る。	作図
	T-3	45年	2	危険	西 1/55	柱の割裂、構造体の分離などあり	作図
	T-4	52年	2	危険	西 1/7 南 1/8	柱の折損多数	作図
	T-5	59年	2	危険	西 1/63 南 1/167	櫛比邸と平面は類似するが、被害小	作図
	T-6	59年	2	危険	西 1/2.7 北 1/50	倒壊寸前。岩城邸と施工者同一。	作図
	T-7	53年	2	危険	南 1/11 西 1/70	土間の外壁が約2.5cmほど南(道路側)へ移動。柱の折損多。	作図
	T-8	40年	2	要注意	北 1/170	開口多いが残留変形小。柱の割裂、仕上材の剥落等あり	作図

4.3.2 輪島市（旧輪島市地域）の物件の被害状況

(1) W-1（鳳至上町）

古い輪島の塗師屋の代表的な家。前面道路に面したⅠ期工事部分は大正末の建設。その後、Ⅱ期工事部分が昭和の初めに建設され、さらにⅢ期工事が行われた。調査の対象は、Ⅰ期工事の部分のみ。平面プランはコの字型で、一部下屋付きであるが、ほとんどが二階建て。基礎は切石で、地盤上10cm程度の高さの切石の上に土台が置かれている。土台は切石とアンカーされていない。柱材はあて。外装は下見板張り、内装は土塗り壁。隣家との堺は、戦後に防火のためにトタン板張りに変更。道路側はガラスを入れた格子窓。屋根は和瓦葺き。

通り庭（土間）外の柱列が土台と切石の間で、東（道路側）へ90mm移動。正面右端の柱が右（北）に移動。残留変形は、1階はコの字の東側部分が東へ1/30、北へ1/40、西側部分が、西へ11/1680、南へ5/1680傾斜し、左回転のねじれを生じている。2階は東へ1/110～1/350程度、南へ1/57～1/88程度傾斜。玄関脇の柱に亀裂。土塗り壁の被害は比較的少ない。



写真-4.58 外観



写真-4.59 内部の被害（柱の傾斜）



写真-4.60 土台のずれ



写真-4.61 柱の亀裂

(2) W-2

前後に長い建物の中央部分は昭和 26 年の建設で、前後の部分は昭和 63 年の増築である。小屋裏利用 3 階建て。道路に面した正面に 2 本の筋かい (90mm×90mm) を設けている。基礎は、鉄筋コンクリートの布基礎でアンカーを設けているとのことである。ほぼ無被害で、外観上は外壁、開口部、屋根とも、被害は見あたらない。風呂場のタイルにわずかな割れが生じた程度。残留変形もなし。



写真-4.62 外観、1階に筋かいが見える



写真-4.63 店舗部分内部 (無被害)



写真-4.64 筋かい部分詳細

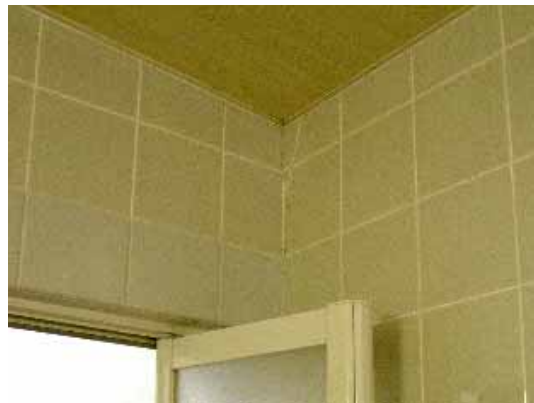


写真-4.65 浴室タイルのひび割れ

(3) W-3 (鳳至下町)

築100年以上であるが、平成6年に改装を行い、道路沿いの部屋の床を撤去して、車庫を設けた。この際に、車庫と居室の間の襖部分に片筋かいを挿入して端部を釘留めし、筋かいの上から合板を両面から釘打ちした壁を設けた。基礎は切り石で、土間からの高さは10cm程度。切石の上に土台が置かれ、土台は切石とアンカーされていない。柱は土台の上に直接立ち、東と柱は通しになっている。1階の和室の内装は土塗り壁。1階は階高が低く、垂壁部分がなく、2階の床が直接天井になっている。従って、2階の床梁が直接差鴨居になっている。2階は大壁。屋根は切妻で、和瓦葺き。1階と2階のいずれにも筋かいが入っている。外装はサイディング張り。

道路沿いの西構面の柱は、南に70mmずれている。土間南側の壁下の土台も、南へ25mm程度ずれている。1階は南に1/287程度、西に1/287程度傾いている。2階は東側部分が南へ1/143程度、西へ1/287程度、西側部分が北へ1/82~1/143程度、西へ1/114~1/287程度傾いている。1階の車庫と居室の間の壁は南に傾斜した。この際、筋かいと合板の壁が、土台から立ち上がる柱を土間側に押し出したと思われる、この柱は床の高さから下の部分で裂けた。柱が裂けて、柱の下部が南にずれたため、直立を保っている合板部分と、傾斜し・ずれた柱との間に85mmの隙間が生じている。これに伴い、この構面の延長上にある2階床(差鴨居兼用)が柱から抜け出している。



写真-4.66 全景 (2階に筋かいが見える)



写真-4.67 床から下が折れた柱



写真-4.68 改装時に設置された合板壁



写真-4.69 梁(差鴨居)の抜け出し

図-4.11 W-3 平面図

(4) W-4 (河井町)

大正元～2年(1912-13年)の店舗併用住宅。明治43年頃の大火で再築した。昭和40年頃増築した奥の居住部分は被害軽微。店舗上部の居住スペースも被害軽微であるが、改修していない土塗り壁の剥がれ等の被害はある。道路側は全面開口。残留変形は北へ1/8、西へ1/9。下屋を支える独立柱は、75mm角だが、曲げ荷重がほとんど入らないためか折れていない。それ以外の柱は115mm角がベースで、9本以上の折損が確認された。店頭の自動販売機にはもたれかかっていない。



写真-4.70 外観



写真-4.71 内部の被害状況



写真-4.72 店舗部分の被害



写真-4.73 店舗上部の居住スペースは被害軽微



写真-4.74 通し柱を折った桁



写真-4.75 いまにも外れて落ちそうな桁

(5) W-5 (河井町)

昭和 34~35 年建設、昭和 59 年改築。店舗併用住宅。1 階の耐力壁が少ない。改築時に柱も切ったとのこと。残留変形は 12/1000 であるが、隣家看板との衝突痕があるので、最大 1/5 (2 階がほとんど変形しないと仮定した場合)、最低でも 1/10 程度 (1, 2 階が同様に変形した場合) の層間変形角が生じたと思われる。

店舗の内部は商品の散乱、店頭の大ガラスの割れ、店頭入り口のサッシの上部への抜け、内装の軽微な損傷などの被害があったが、店舗の営業は再開できる程度。2 階の居住部なども被害は極めて軽微。店頭の左側脚部がずれており、外装タイルを破損している。北側の外壁は軽量ブロック積みである。



写真-4.76 外観



写真-4.77 店舗は被害軽微



写真-4.78 隣接建物看板の衝突痕



写真-4.79 店舗上部の居住スペースも被害軽微



写真-4.80 店頭西側脚部の外装の破損

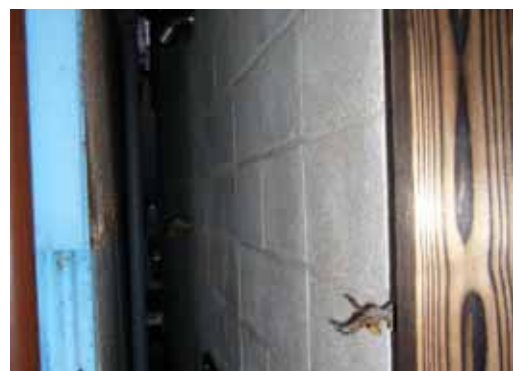


写真-4.81 軽量ブロック積みの北側壁面

(6) W-6 (小伊勢町)

昭和 52 年建設。10 年前に増改築。残留変形は北へ 115/1000。近隣の中で際だって被害が大きいものの一つ。地盤は蓮田の跡地とのこと。隣の W-7 と平面プランは類似するが、かなり被害が大きい。柱は大きく傾斜し、室内の仕上材の剥落が多く観察された。隣地の小学校で地面の陥没が生じている。



写真-4.82 外観



写真-4.83 室内の被害状況



写真-4.84 外壁モルタルの剥落



写真-4.85 内壁仕上げ材の剥がれ

(7) W-7 (小伊勢町)

昭和 37 年建設。W-6 の北隣。元々が切り妻の総二階であったが、1F 両側を当時の家主が昭和 47 年ごろ増築。残留変形は北に 50 分の 1 で、W-6 ほどの被害ではない。壁仕上げ剥落、柱割裂、基礎の破断が観察された。



写真-4.86 外観



写真-4.87 仕上げ材の剥落



写真-4.88 柱の割裂



写真-4.89 基礎の割れ

4.3.3 輪島市（旧門前町地域）門前・走出・館地区の物件の被害状況

(1) M-1

2階部分は築40年で、その5年後に増築して平屋部を建てた。2階部分は土蔵を壊して建てたため、地盤が周囲よりもやや高い。増築部は元の住居跡に建てたが、前面道路に対して地盤が低いために、道路の高さに合わせて、やや東が長い。桁行き方向の壁が少ない。2階建て部はサイディング外装、平屋の増築部は、木製板張り外装。増築部の壁には断熱材入り。内装は、基本的に貫+ラスボード+漆喰または砂壁塗りで、一部の壁に筋かいが挿入されている。端部は不明。

増築部は平屋であるが、古い2階部よりも被害が大きい。増築部（平屋）の残留変形は、梁間方向が1/180、桁行き方向が1/90程度である。桁行き方向は障子が切れる程度の変形を生じた。壁の一部で、ラスボードの落下、隅の破損が見られる。増築部の床に不陸あり。柱、筋かいに被害は見られない。2階建て部・増築部のいずれも、屋根葺材（和瓦）の被害は少ない。



写真-4.90 全景（2階建部分と増築部）



写真-4.91 増築部（平屋）



写真-4.92 障子のやぶれ（増築部）



写真-4.93 壁の被害（ラスボード落下）

(2) M-2

昭和 53 年建設の店舗併用住宅。奥の土蔵は築 80 年以上で、元々 3 階建てであったが、火災延焼による被害で 50 年前に 2 階建てに改築。外壁の仕上材の剥落、土蔵部分の土塗り壁の剥がれ、居住スペースでは石膏ボードの剥がれが多く観察された。残留変形は北に 1/40。店舗入り口向かって左側の柱の下端部が地震時にずれたため、元の位置に戻したのこと。



写真-4.94 外観



写真-4.95 外壁仕上げ材の剥落



写真-4.96 土塗り壁の剥がれ



写真-4.97 地震時にずれていた柱（下端部）

(3) M-3

昭和 38 年建設の店舗併用住宅。1997 年に店舗部分を増改築。店舗部分は残留変形が南に 1 / 5 と大きく傾斜。奥の居住スペースの被害は軽微。調査時は南側の隣家にもたれかかっていた。北側は元々隣家と接していたため、傾斜によって土壁が露出していた。



写真-4.98 外観



写真-4.99 南側壁面



写真-4.100 北側壁面



写真-4.101 居住スペース入り口の傾斜

(4) M-4

主屋 1895 年（明治 28）、土蔵明治 37 年建築、2006 年（平成 18）改修。改修方法は、原状回復のみで耐震補強は行っていなかった。輪島市の所有、文化財指定あり。最大傾斜は一番西の壁線で南へ 115/1000、東西方向は中央部付近で西へ 31/1000 が最大。

土壁の剥落、建具の外倒が多数見られた。なかには、せん断方向に明確に亀裂が入った箇所（写真）もあった。最も北側の壁線の土台は西に約 120 mm ずれていた。1 間南の壁線は 30 mm のずれしか生じていない。土台は切石の基礎の上に乗っただけであったと想像される。その他、柱の折損は確認できなかったが、外れそうな鴨居が 1 カ所確認された。



写真-4.102 外観



写真-4.103 内部の様子



写真-4.104 せん断破壊した土塗り壁



写真-4.105 建具の外倒も多数



写真-4.106 基礎と土台のずれ



写真-4.107 外れそうな鴨居

(5) M-5 (輪島市資料館一建設中)

建設途中に被災した。筋かいがふんだんに入っており、基準法の必要壁量より多く入っているものと想像される。このため、無被害。



写真-4.108 南側外観



写真-4.109 東側外観



写真-4.110 筋かいが多数施工されている



写真-4.111 筋かい端部には所定の金物



写真-4.112 施工中の内装



写真-4.113 通常と強弱軸の向きが異なる筋かい

(6) M-6

大正初めの頃の建設で、築約 80 年。40 年ほど前に道路拡幅により西の 1 間を切り取ったとのこと。背面の洋室部分は増築。また、3 年前に瓦を葺き替えている。葺土はなし。周囲（南側は縁の内側）には無筋コンクリートの布基礎をまわすが、内部の柱は石場建て。12 畳半と 10 畳の続き間を持ち、桁行方向（東西方向）の壁が少ない。残留変形は西へ約 1/9。南側の縁と部屋の境の柱は 135mm 弱の太さの通し柱であるが、2 階床梁のほぞの位置で折損している。奥の中通りの柱も 4 本は通し柱と思われるが 2 階床梁位置で折損。



写真-4.114 全景。左（西）に残留変形大



写真-4.115 内部の様子



写真-4.116 内部。柱の折損、壁の脱落。



写真-4.117 2階床高さで通し柱折損

4.3.4 輪島市（旧門前町地域）道下地区の物件の被害状況

(1) T-1

築50年の一部2階建て建物。2階部分は小屋裏利用で、床面積は小さい。基礎は、無筋の布基礎。柱はスギ。外装は木の下見板張り。内装は竹小舞下地の土塗壁。屋根は和瓦。大壁の台所・浴室等は増築部。道路（東）側に平行した構面は壁が少ない。壁の一部に筋かいが入っている。

北へ残留変形1/17、及び東へ残留変形1/57など、残留変形が大きい。南東隅の柱は折損している。1階の土塗り壁の竹小舞から上の、上塗り部分が落下。2階の土壁の一部が落下。屋根の被害は少ない。



写真-4.118 全景（東側）



写真-4.119 南東隅の柱の折損



写真-4.120 室内の被害（土壁の剥落）



写真-4.121 2階の被害（壁の落下）

(2) T-2

築80年以上の一部二階建て建物。2階の床面積は小さい。基礎は切石。内壁は和室が土塗り壁仕上げであるが一部大壁風になっている。台所等は、化粧合板張り。トイレは石こうボード張り。外装は下見板張り。屋根は切り妻の和瓦葺き。屋根は、比較的最近に補修されて、瓦の全数が緊結されている。

建物は西に23/1000、南に23/1000傾斜している。道路に面した障子は、破けている。玄関外側の南西隅の壁は、礎石の上で土台ごと10cm程度滑っている。その周辺の土壁は、小舞の上の部分が剥落している。台所周辺のタイル、板壁は一部落下。浴室タイルに亀裂。トイレの石こうボードは、一部脱落。屋根の被害はない。



写真-4.122 全景



写真-4.123 南西隅の土台の滑り



写真-4.124 土壁の剥落



写真-4.125 台所の壁の被害

(3) T-3

昭和37年建設の大工さんの自宅。1階は中庭を持ったコの字型の平面プランを持つ。基礎は布基礎。建設後の道路の舗装に伴う道路面上昇により、基礎高は低くなっている。内装は土塗壁、外装はモルタル塗り。内部の柱梁等の木部には、ベンガラが塗装されている。筋かいも、一部の壁に入っている。屋根は、切り妻の和瓦葺き。

残留変形角は、1階が西へ18/1000(1/55)、北に3/1800(1/600)。2階が東へ2/1000(1/500)、南へ7/1000(1/142)。西側の2階建て部分と1階建て部分の境界には壁がなく、2階部分と1階部分の構造に分離が生じ、1階部分の梁が2階直下の柱から抜け出す、2階直下の柱が裂けるなどの被害が生じている。外部では西側のモルタルの一部が大きく落下。内部では、土塗壁の一部が剥落。一部の障子が破けている。



写真-4.126 全景



写真-4.127 裂けた柱



写真-4.128 梁の抜け出し



写真-4.129 モルタル壁の脱落



写真-4.130 土塗壁の剥落

(4) T-4

昭和 30 年建設、昭和 45～50 年あたりに部分的に改築したが、増築等は無い模様。残留変形角の最大値は、南側壁線の中央付近の柱で西に 145/1000、南に 122/1000。道路側から奥に行くに従って残留変形は比較的小さくなる。南北方向（道路に直交方向）の耐力壁は比較的多いが、残留変形が大きい。柱の折損が多数確認されたが、その多くは垂壁下部でも曲げによる破壊と見られる。切石基礎からの土台、柱脚の踏み外し、基礎のひび割れなども確認された。建物西側で噴砂痕が確認された。



写真-4.131 南側外観



写真-4.132 北側外観



写真-4.133 筋かいが多数施工されている



写真-4.134 極めて大きい残留変形角



写真-4.135 柱の折損



写真-4.136 噴砂痕

(5) T-5

昭和 37 年建設。昭和 48 年に元々土間であった部分・風呂・トイレ・台所を改築。平成 16 年に奥の離れを増築。田の字型の平面プラン。土塗り壁の剥がれ、改築部でのモルタルの剥落が観察された。残留変形角は、西へ 16/1000、南へ 6/1000。T-6 と同じ業者が施工し、平面プランは類似するが、被害は比較的軽微であった。平成 16 年増築部は布基礎で、それ以外は玉石基礎。



写真-4.137 外観



写真-4.138 せっこうボードの剥落



写真-4.139 土塗り壁の剥がれ



写真-4.140 内壁モルタルの剥落

(6) T-6

昭和37年建設。T-5と同じ業者による施工で平面プランは類似であるが、被害はこちらの住宅がかなり大きかった。層間変形角は西へ370/1000、北へ20/1000。倒壊寸前の状態。柱が大きく傾斜し、折損が多く、多くの柱で観測された。



写真-4.141 外観 1



写真-4.142 外観 2



写真-4.143 大きく傾いた柱



写真-4.144 下端部付近での柱の折損

(7) T-7

昭和29年の建設で、構造体はほぼ当初のままである。通り庭（土間）の外壁が、無筋のコンクリート基礎の上で土台ごと滑り、25cmほど南（道路側）へ移動した。背面ではコンクリートが腰まで立ち上がるが、その上の土台が同様に南に滑っている。アンカーボルトは確認されていない。この西外壁の移動に伴って、内側の、土間一部屋境の柱が南に傾斜し、残留変形角で南に約 $1/16$ であった。この通りの柱3本が指鴨居の高さで折損している。東西方向には壁が少ないが、残留変形は南北方向より小さく、 $1/20$ 程度に納まっている。



写真-4.145 全景



写真-4.146 外壁が道路側（左）に滑る



写真-4.147 背面側。コンクリート上で滑る



写真-4.148 通り庭内側の傾斜と柱折損

(8) T-8

昭和42年の建設。部分2階建て。東西方向に開口が多いが残留変形は比較的小さい。背面の浴室、便所等はコンクリートブロック造による増築。柱の割裂、内壁の石こうラスボード及び仕上げの塗り壁の割れや剥離、外壁の仕上げ材（タイル）の剥落、鴨居のはずれ、コンクリート布基礎のひび割れ等の損傷が観察された。残留変形角は北に約1/170。背後にあった土蔵と納屋が倒壊している。



写真-4.149 全景



写真-4.150 玄関脇の外壁の剥落



写真-4.151 内壁の損傷



写真-4.152 コンクリート基礎のひび割れ

4.3.5 学校建築、寺社建築の被害状況

(1) M中学校、教室棟、体育館（三井町長沢）

教室棟は昭和26年建設。昭和37年増築。体育館は昭和34年建設。教室棟は無被害。体育館は西（ステージに向かう方向）に残留変形（1/60程度）、基礎の亀裂等。



写真-4.153



写真-4.154

(2) 北神社（久手川町宮前）

築年不明。昭和5年に屋根替え（茅瓦）。向拝倒壊。社殿は左（北）へ最大1/7傾斜。



写真-4.155



写真-4.156

(3) 圓龍寺本堂（河井町）

正面（北）に向かって、約1/30の残留変形。土壁一部剥落。



写真-4.157



写真-4.158

4.3.6 集成材建築の被害状況

(1) W-8 (道の駅輪島-旧七尾線輪島駅)

築5年、集成材建築、一部RC造

残留変形なし、集成材接合部の仕口等に部材のずれ（接合部のクリアランス分の変形）が見られる。RC造と木造部分の変形能の違いによる内装のひび割れ等が見られる。込み栓などの接合具が脱落したと見られる。



写真-4.159



写真-4.160



写真-4.161



写真-4.162

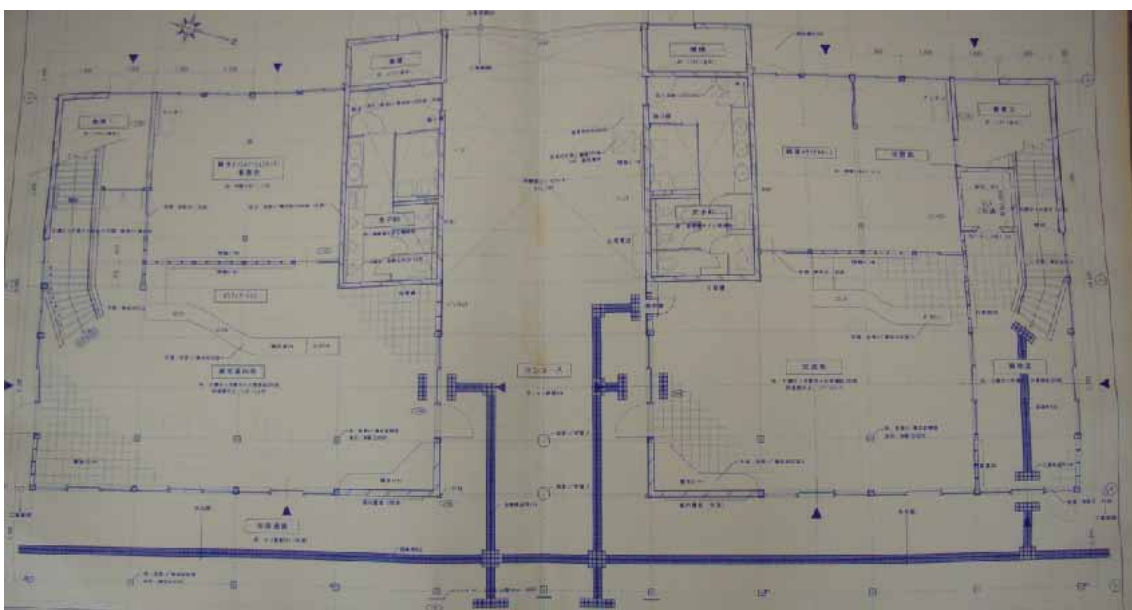


図-4.9

(2) 輪島市森林組合木材加工センター

築約20年。アテ（ヒバの一種）の集成材使用。

工場内の積み荷は、目茶苦茶に散乱したが、建物（構造躯体）の損傷は無い。



写真-4.163



写真-4.164

(3) 輪島市門前林業センターのと森林組合門前支所

築約20年。アテ（ヒバの一種）の集成材使用。内装のせっこうボードの目地に沿ってクロスに亀裂、1階床板のずれなどがある。2階の集成材アーチの損傷は無いが、接合金物を被覆する造作材が脱落。



写真-4.165



写真-4.166



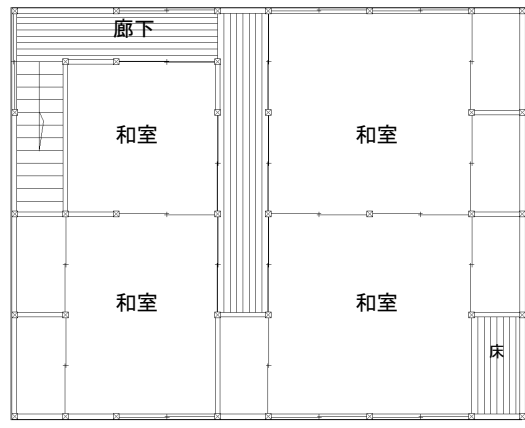
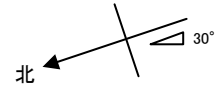
写真-4.167



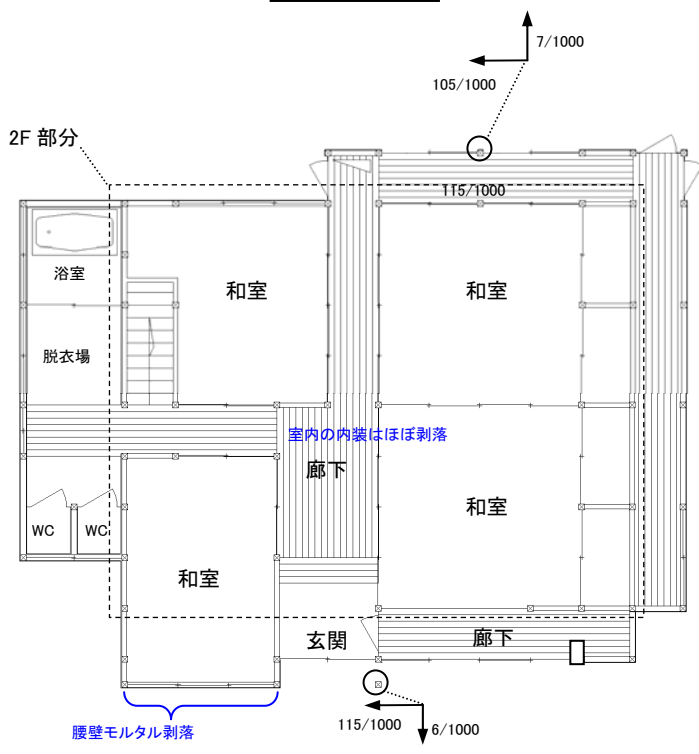
写真-4.168



写真-4.169

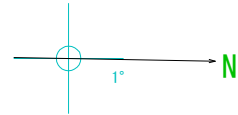
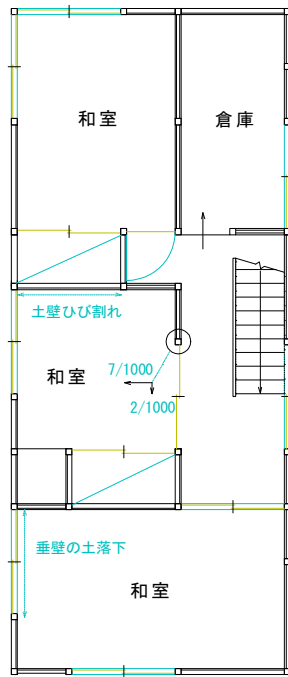


2F 平面図 ※外観、ヒアリングから

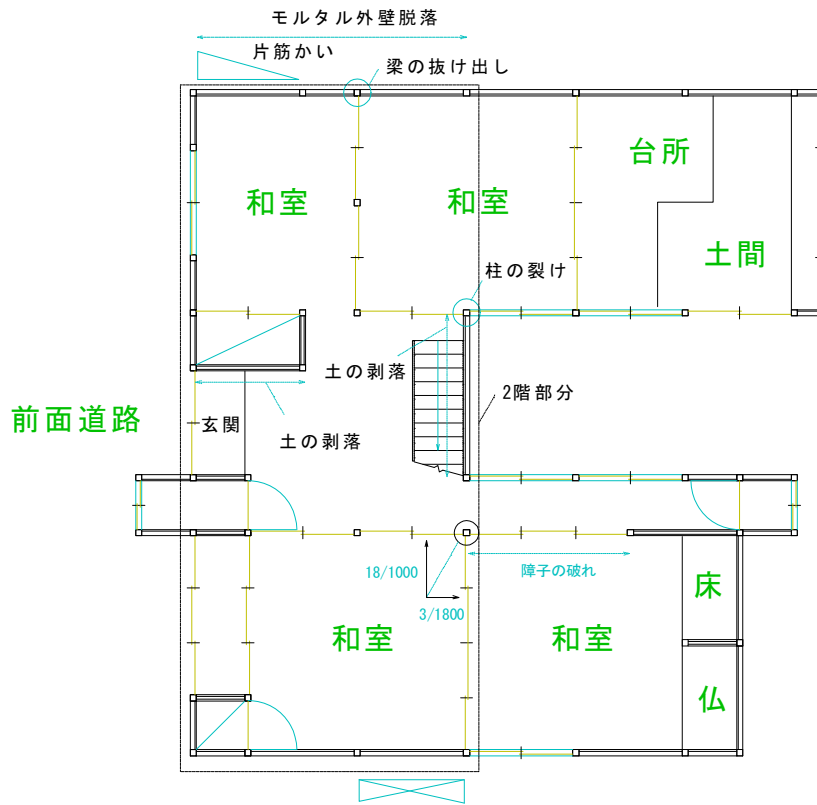


1F 平面図

図-4.10 平面図-1

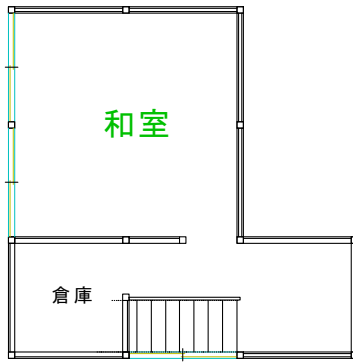


2階平面図

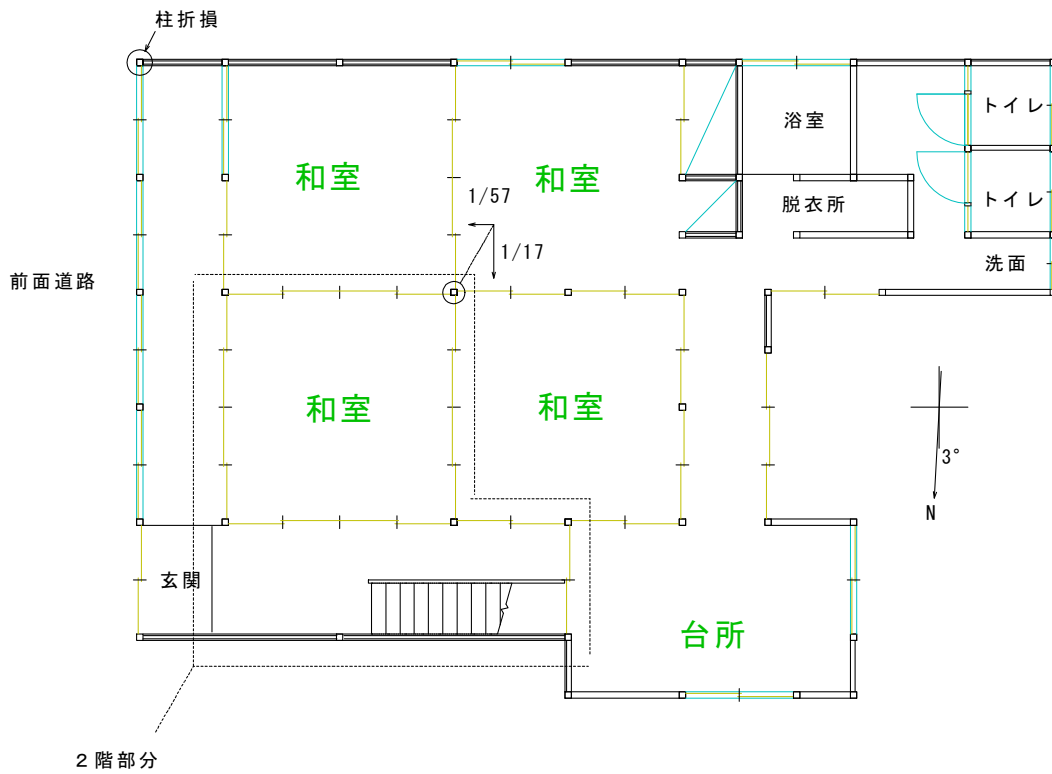


1階平面図

図-4.11 平面図-2

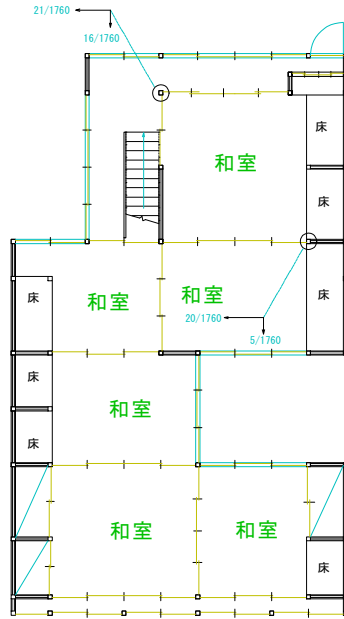


2階平面図

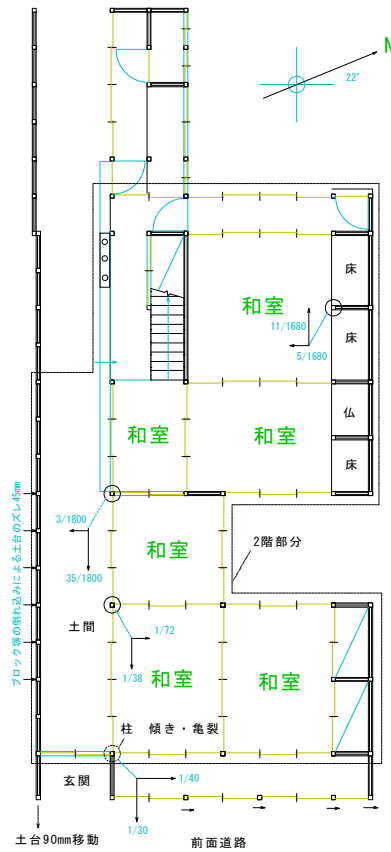


1階平面図

図-4.12 平面図-3



2 階平面図



1 階平面図

図-4.13 平面図-4

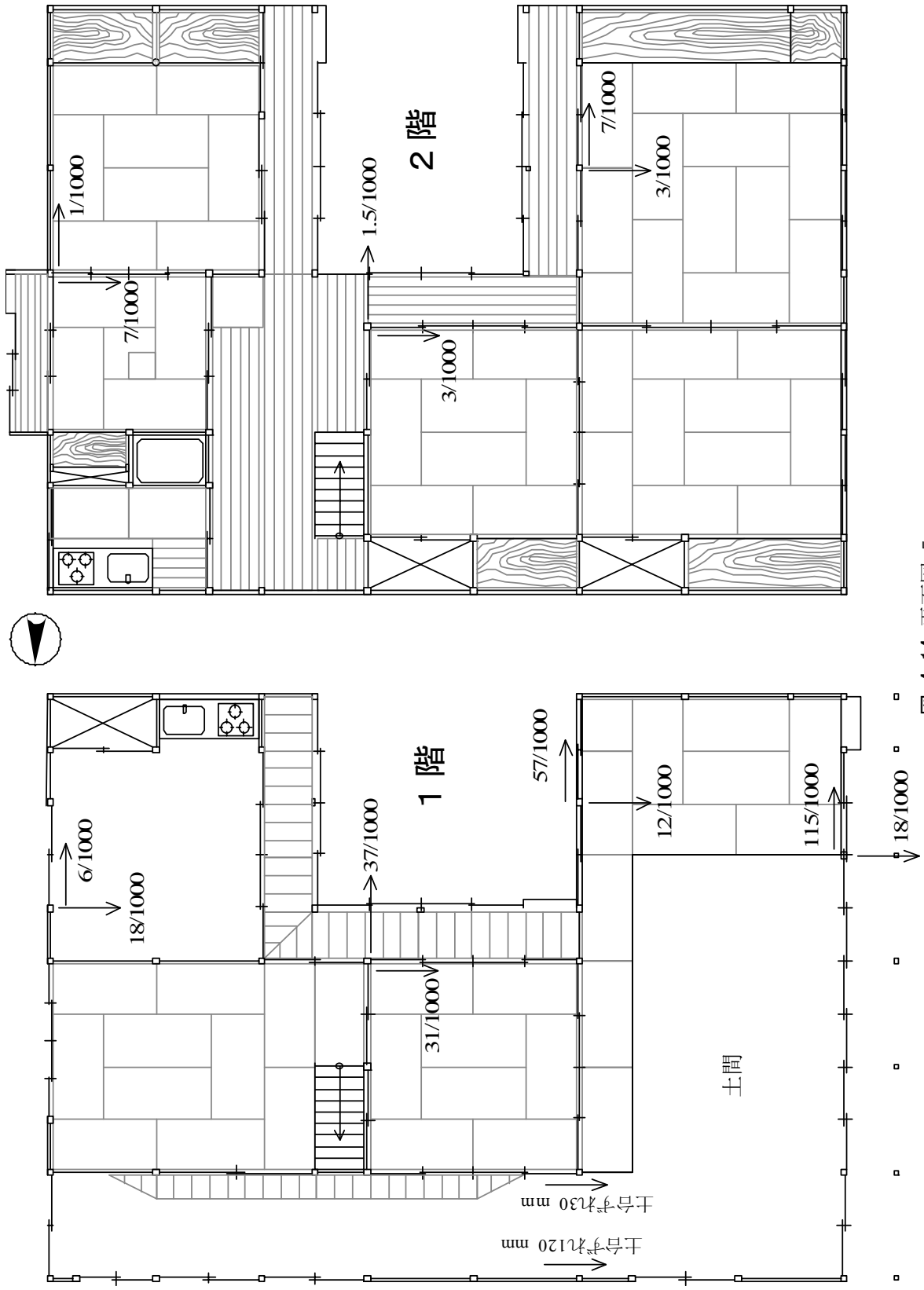


図-4.14 平面図-5

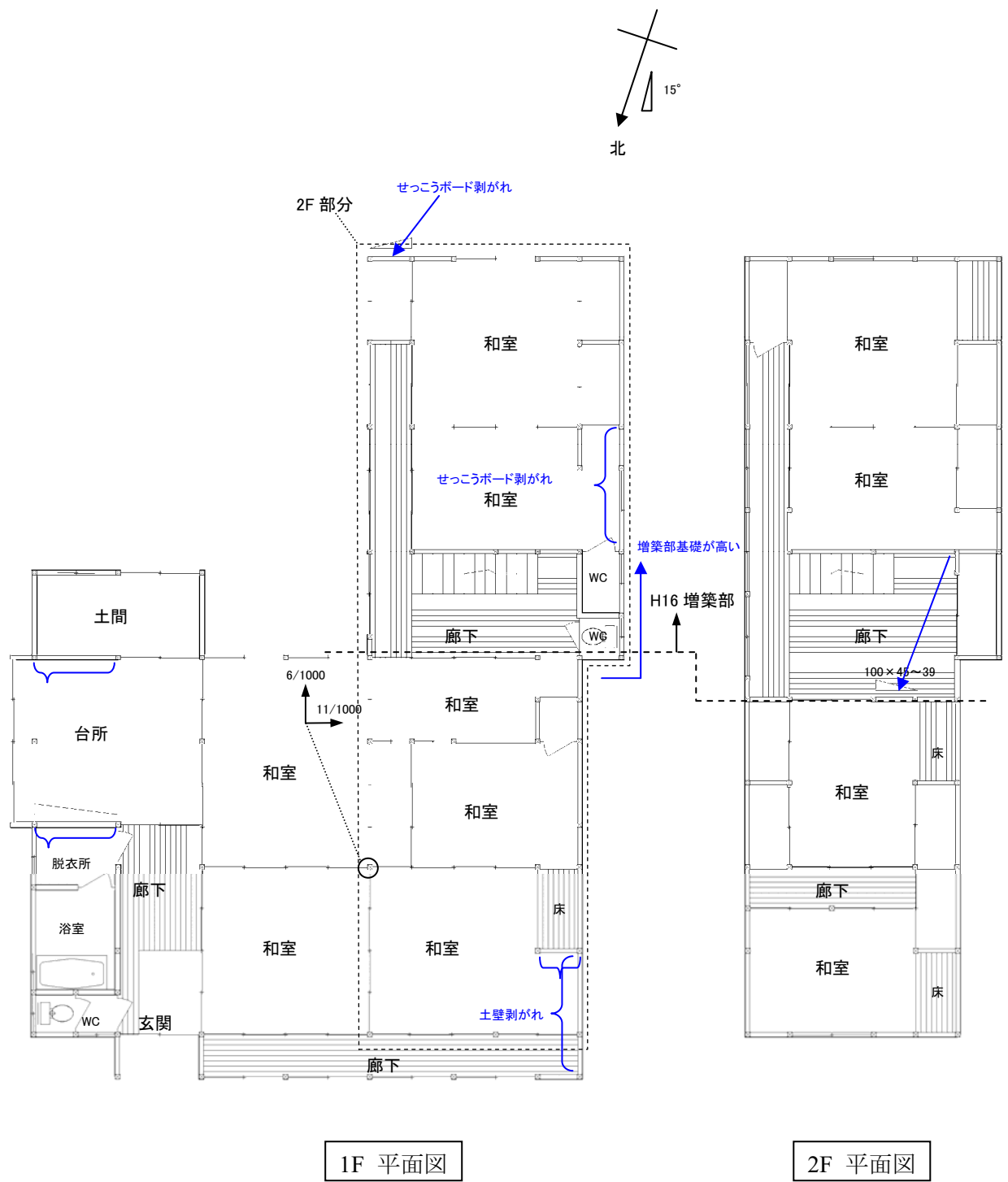


図-4.15 平面図-6

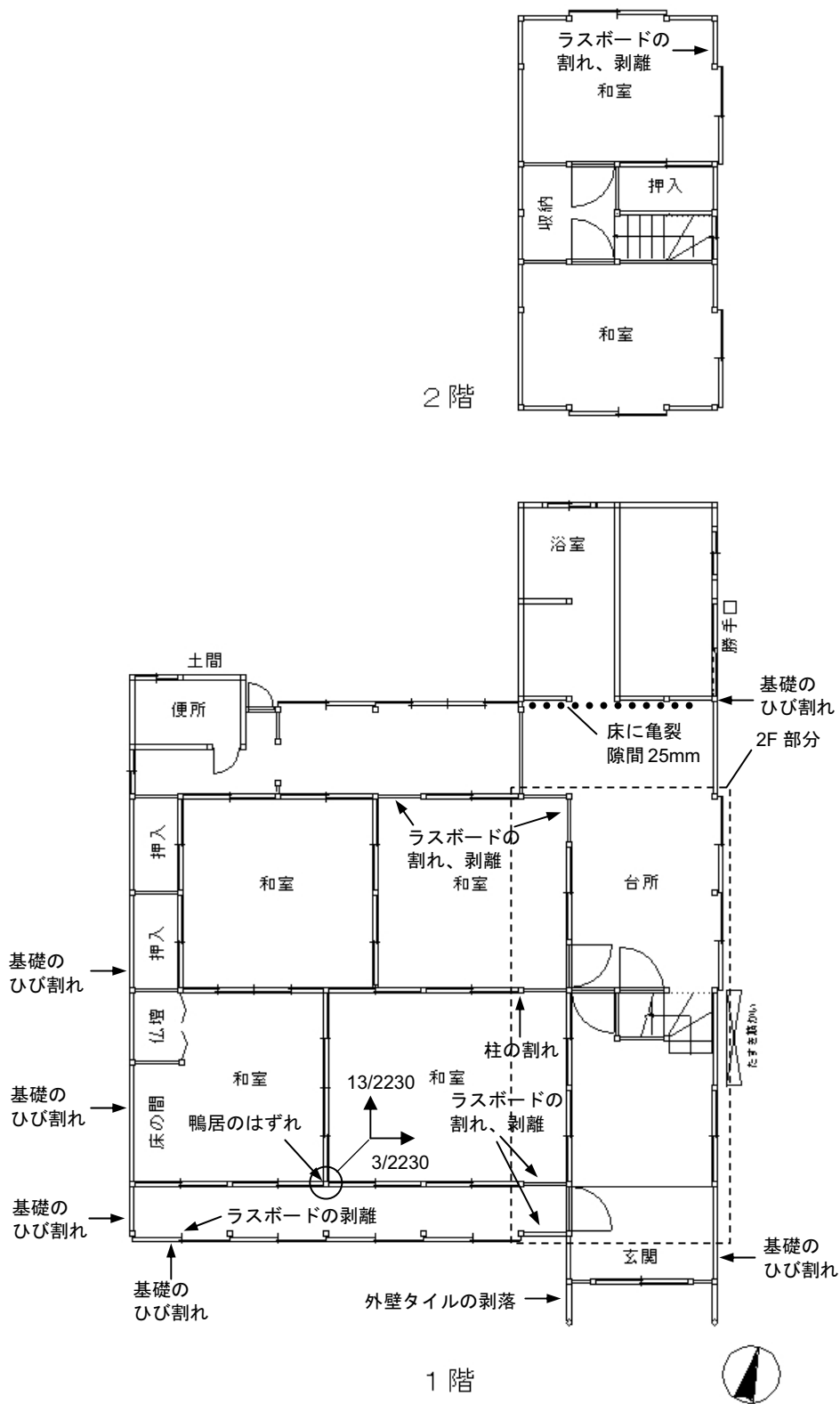
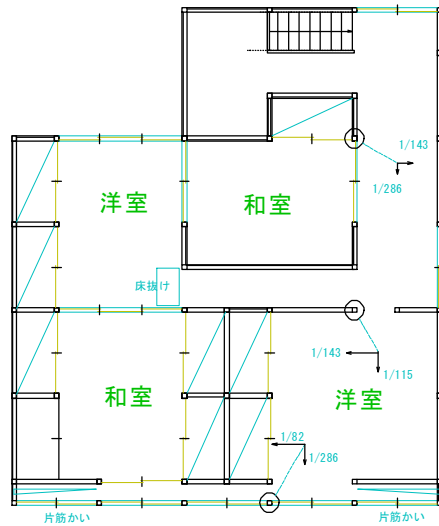
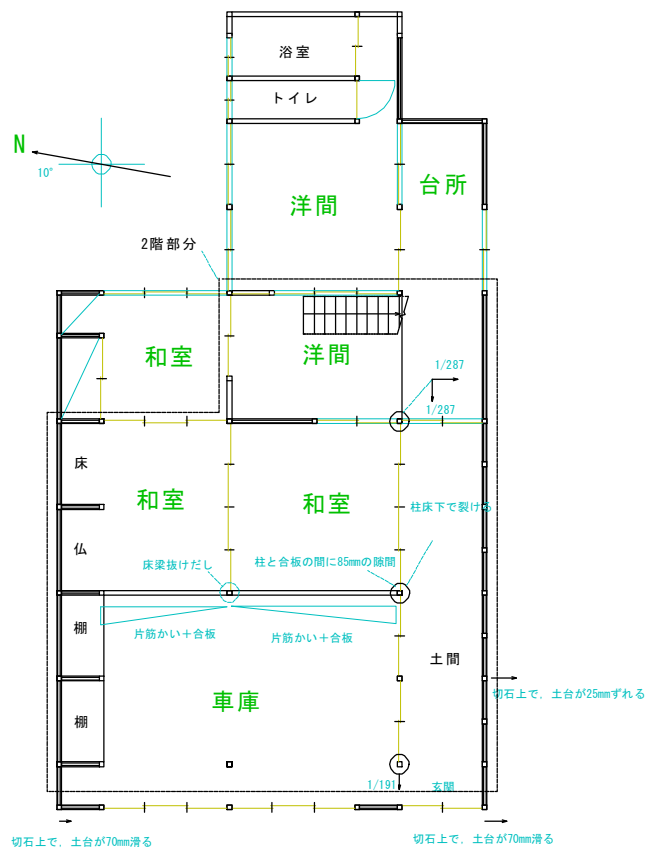


図-4.16 平面図-7



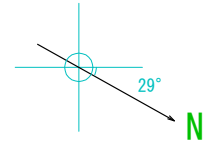
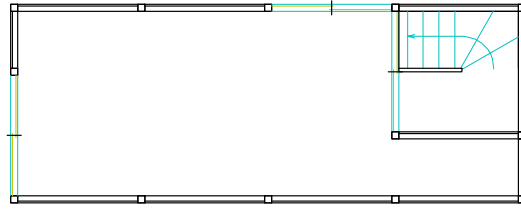
2階平面図



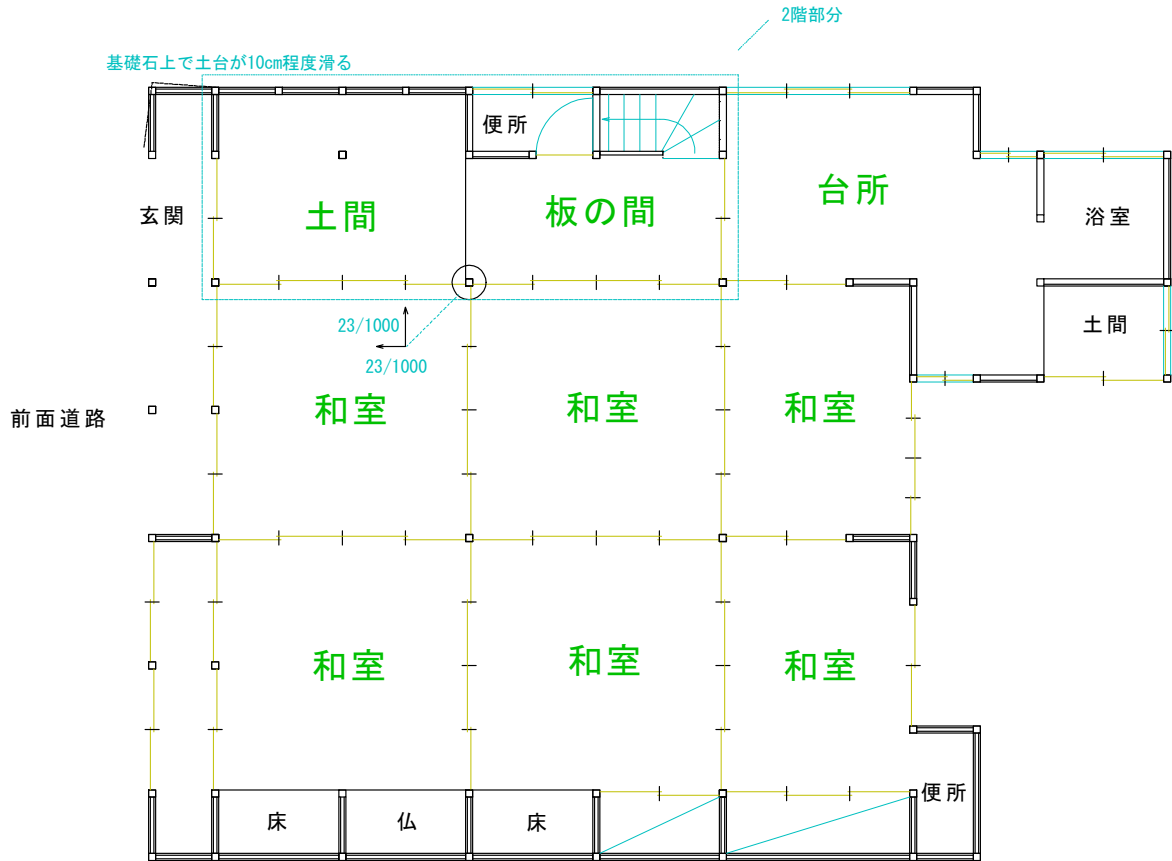
前面道路

1階平面図

図-4.17 平面図-8



2階平面図



1階平面図

図-4.18 平面図-9

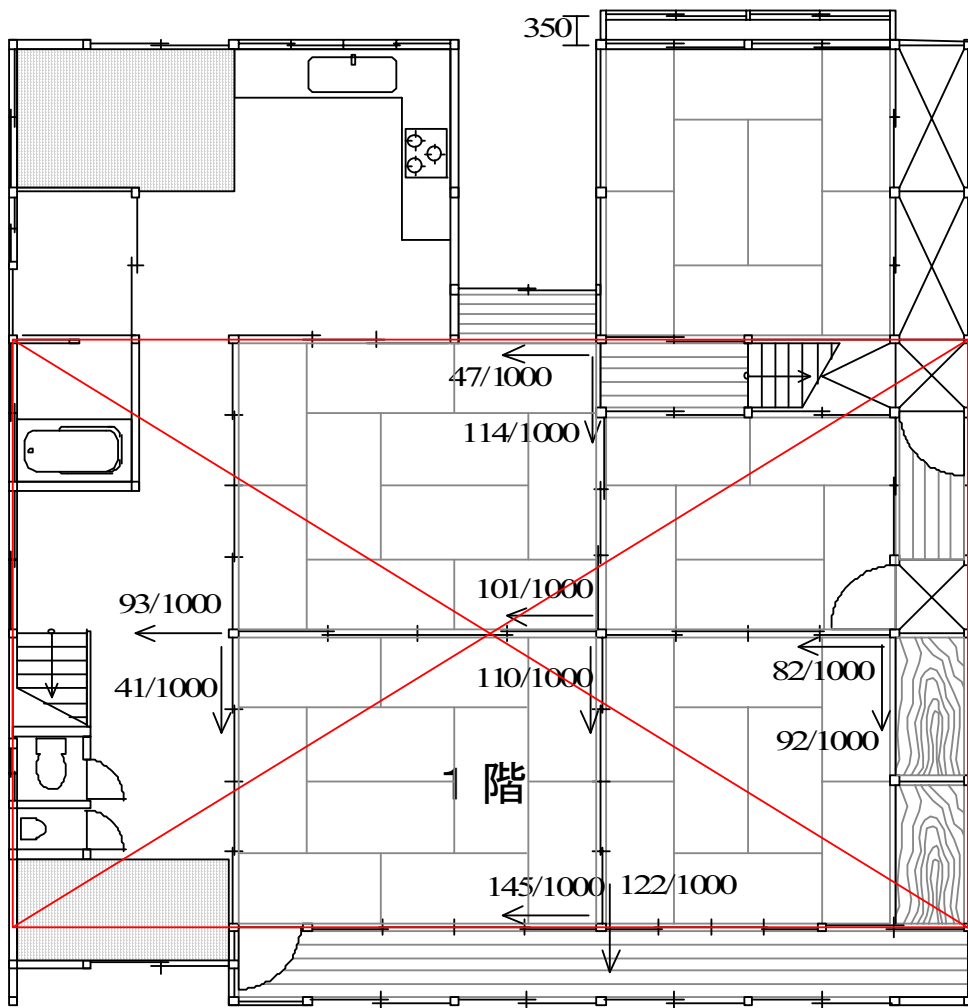
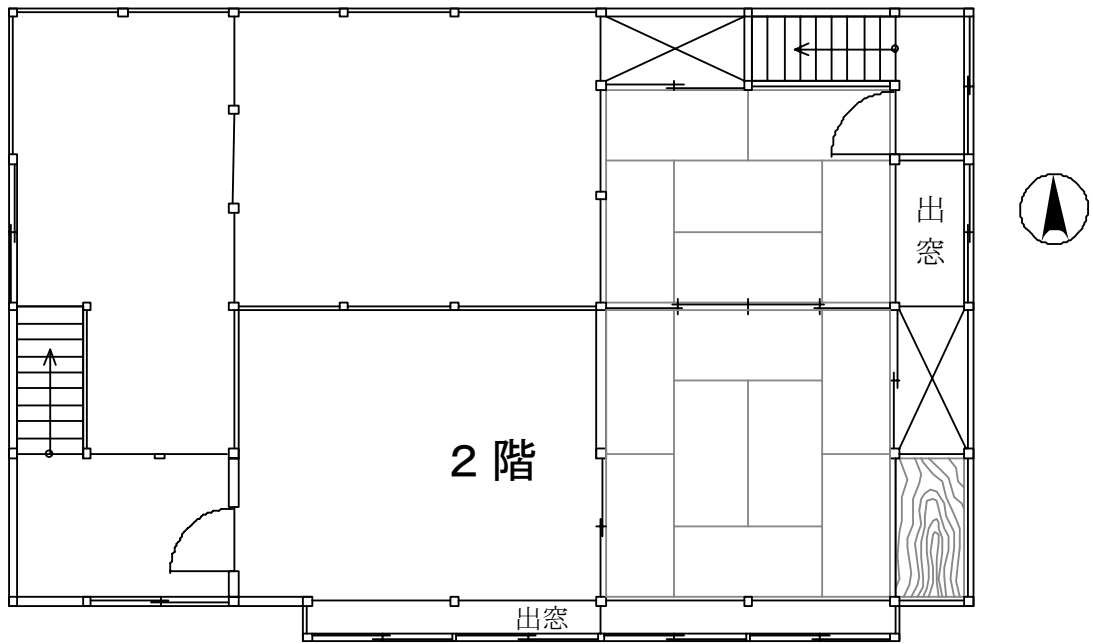


图-4.19 平面图-10

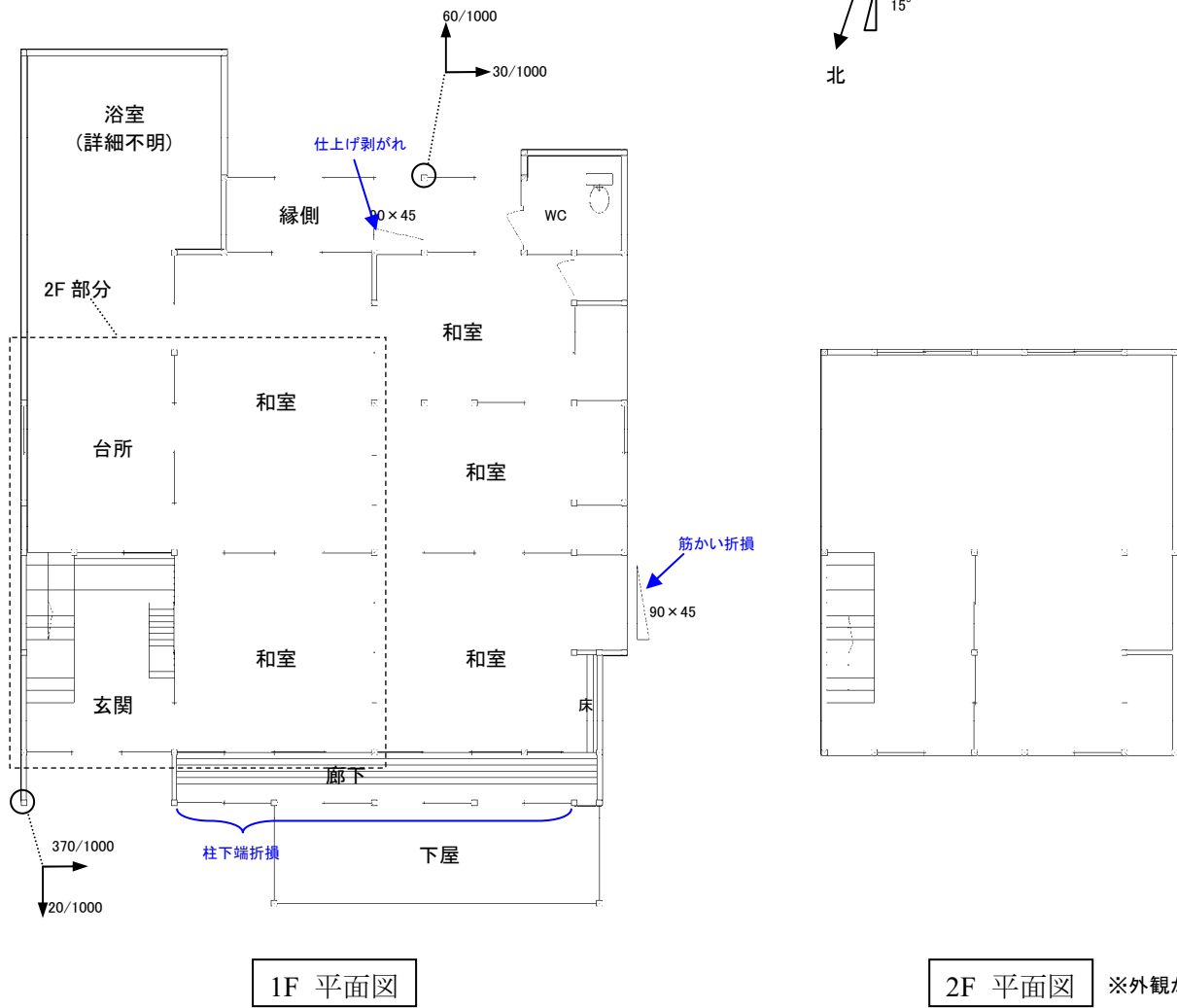


図-4.20 平面図-11

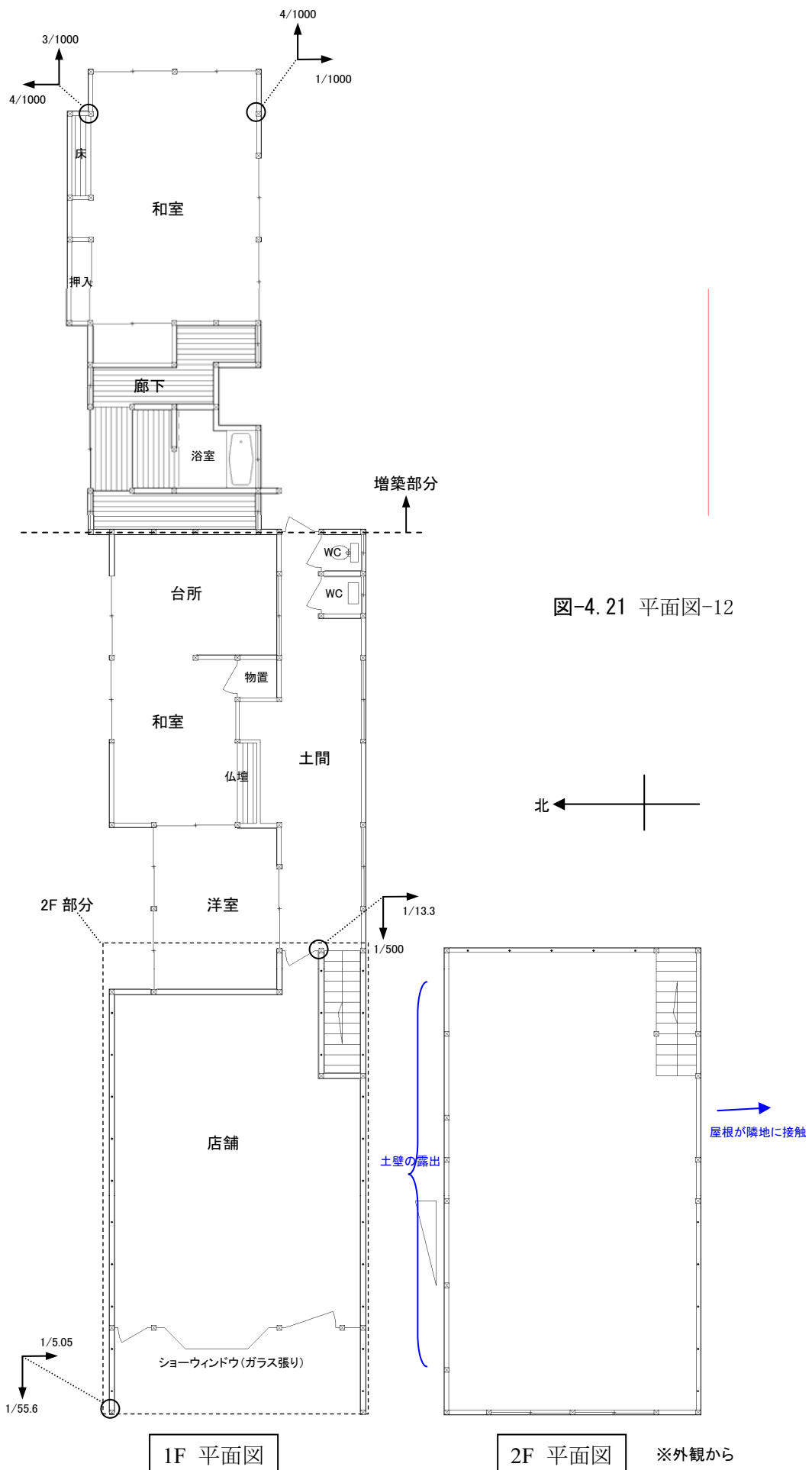


図-4.21 平面図-12

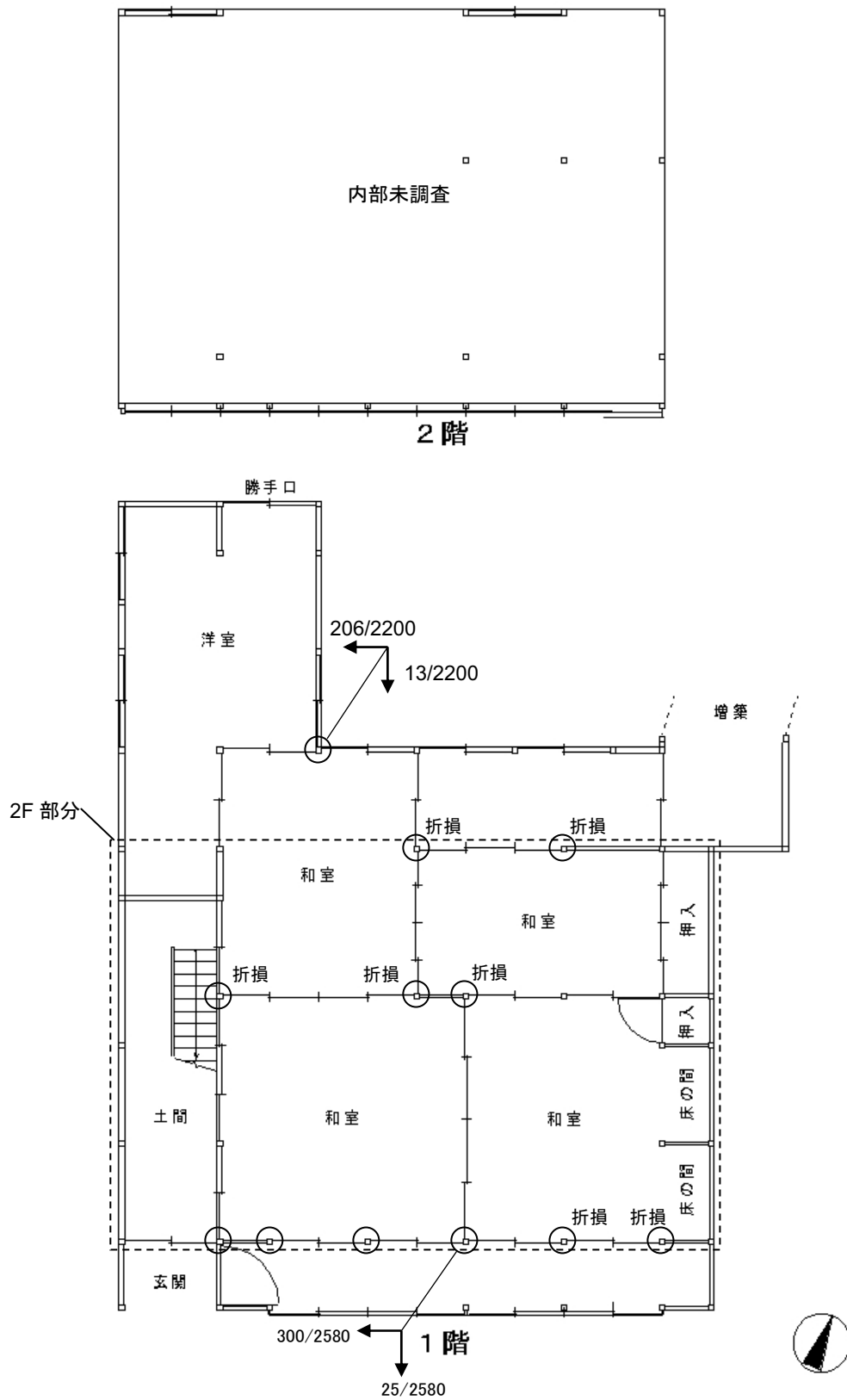
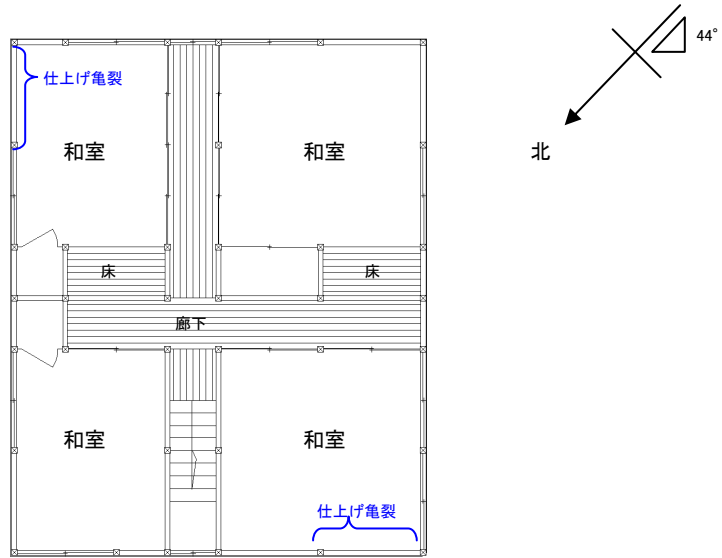
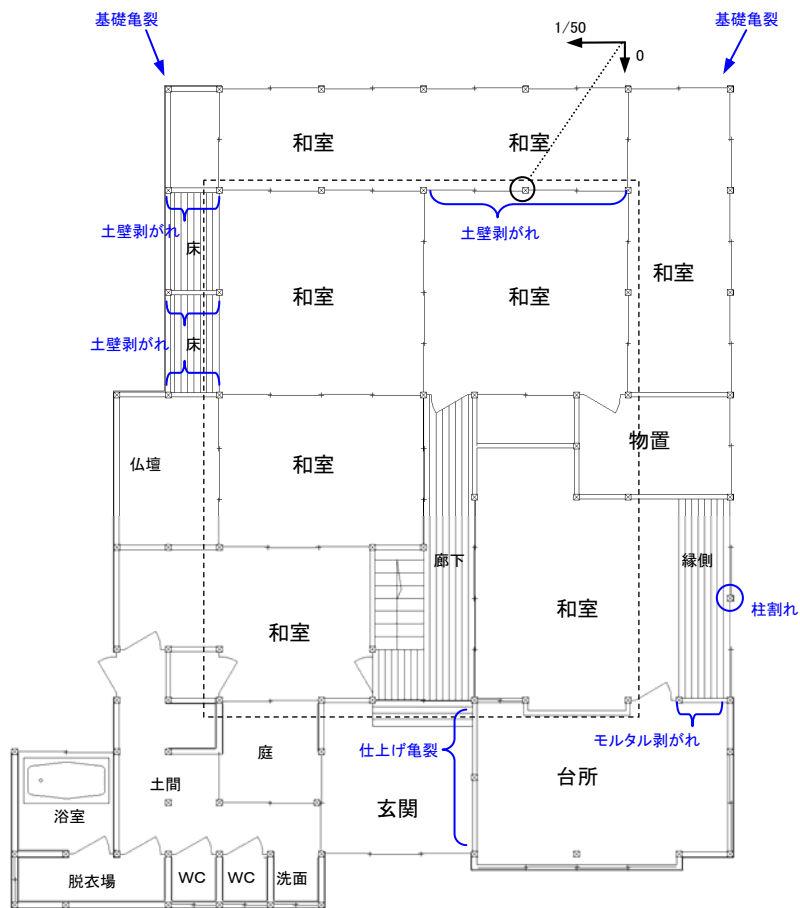


図-4.22 平面図-13

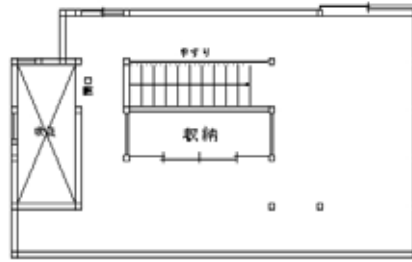


2F 平面図

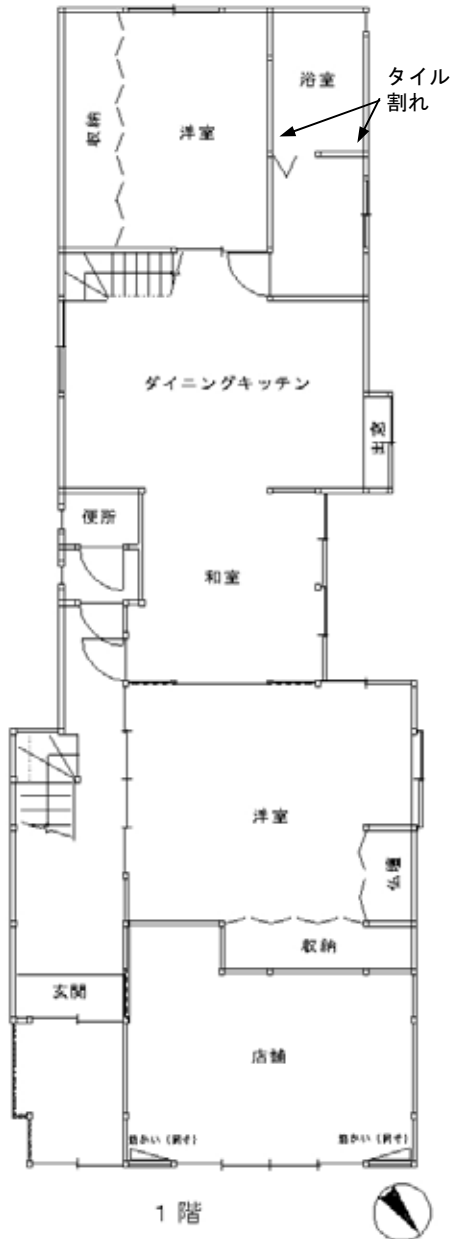


1F 平面図

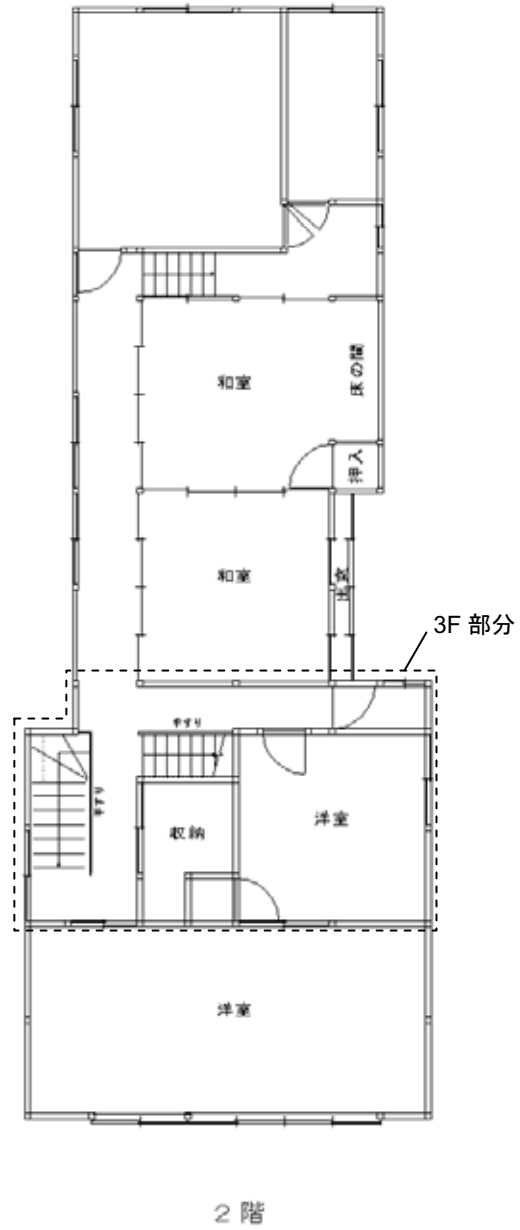
図-4.23 平面図-14



3階



1階



2階

図-4.24 平面図-15

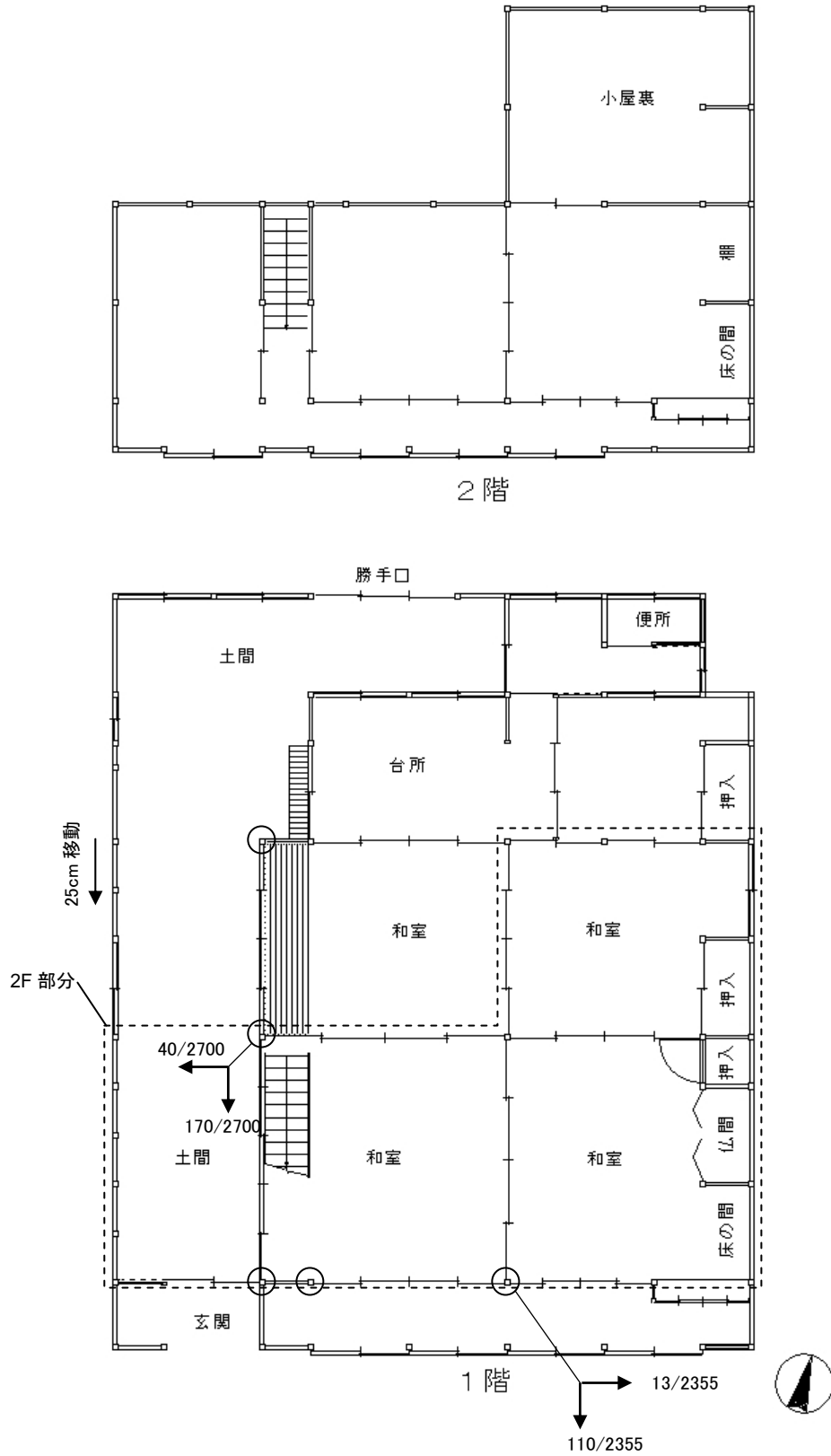


図-4.25 平面図-16

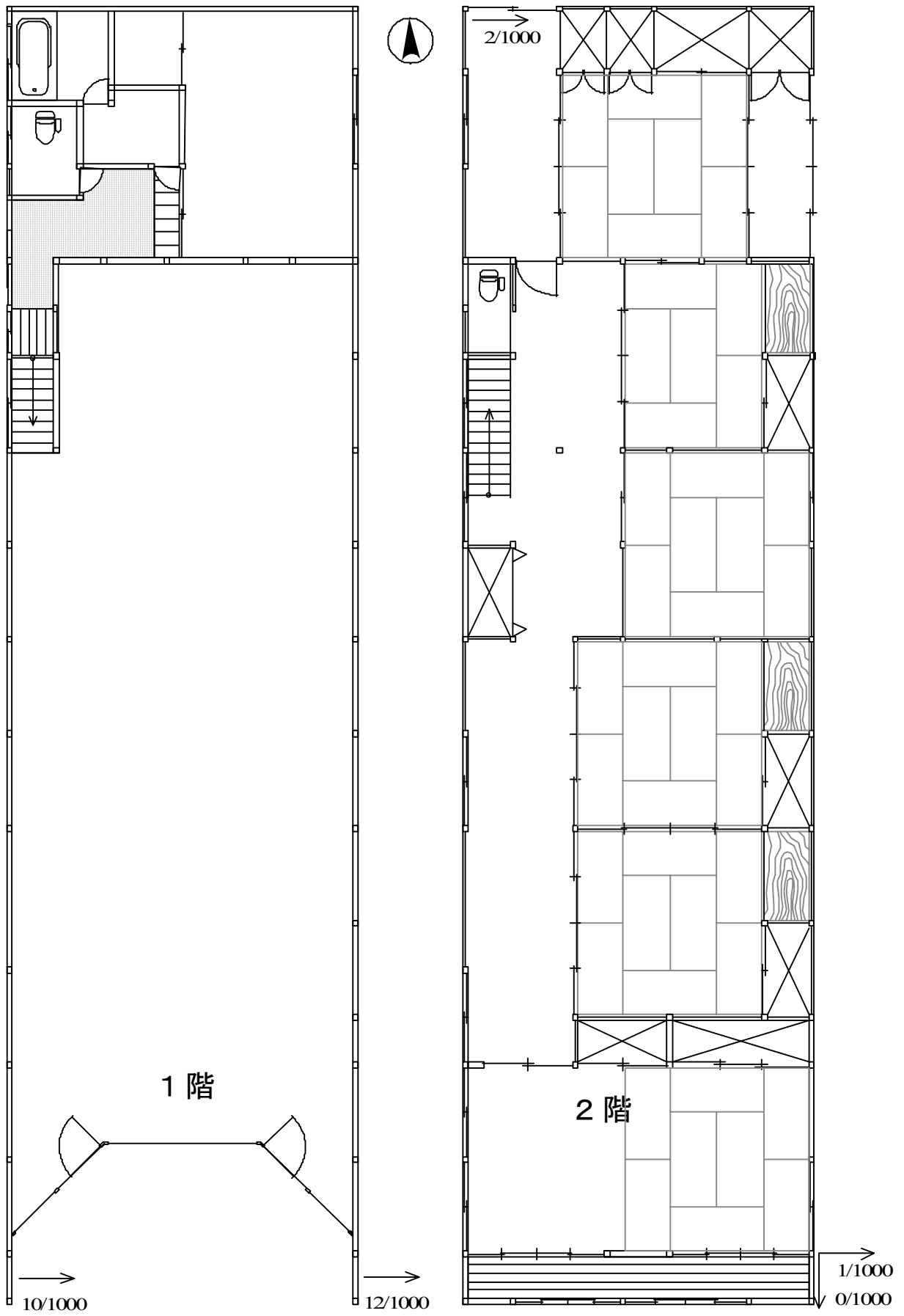


图-4.26 平面图-17



图-4.27 平面图-18

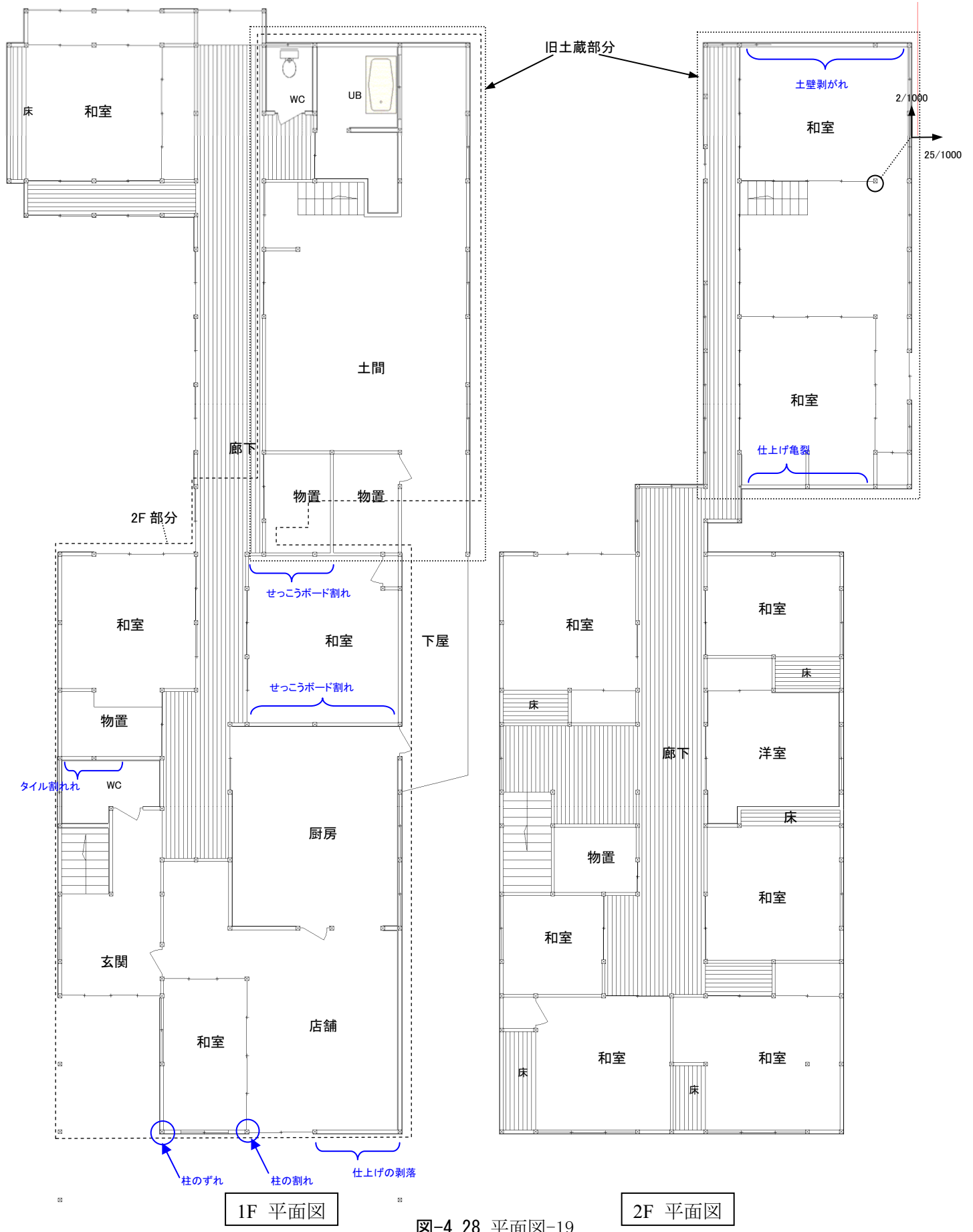
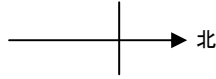


図-4.28 平面図-19

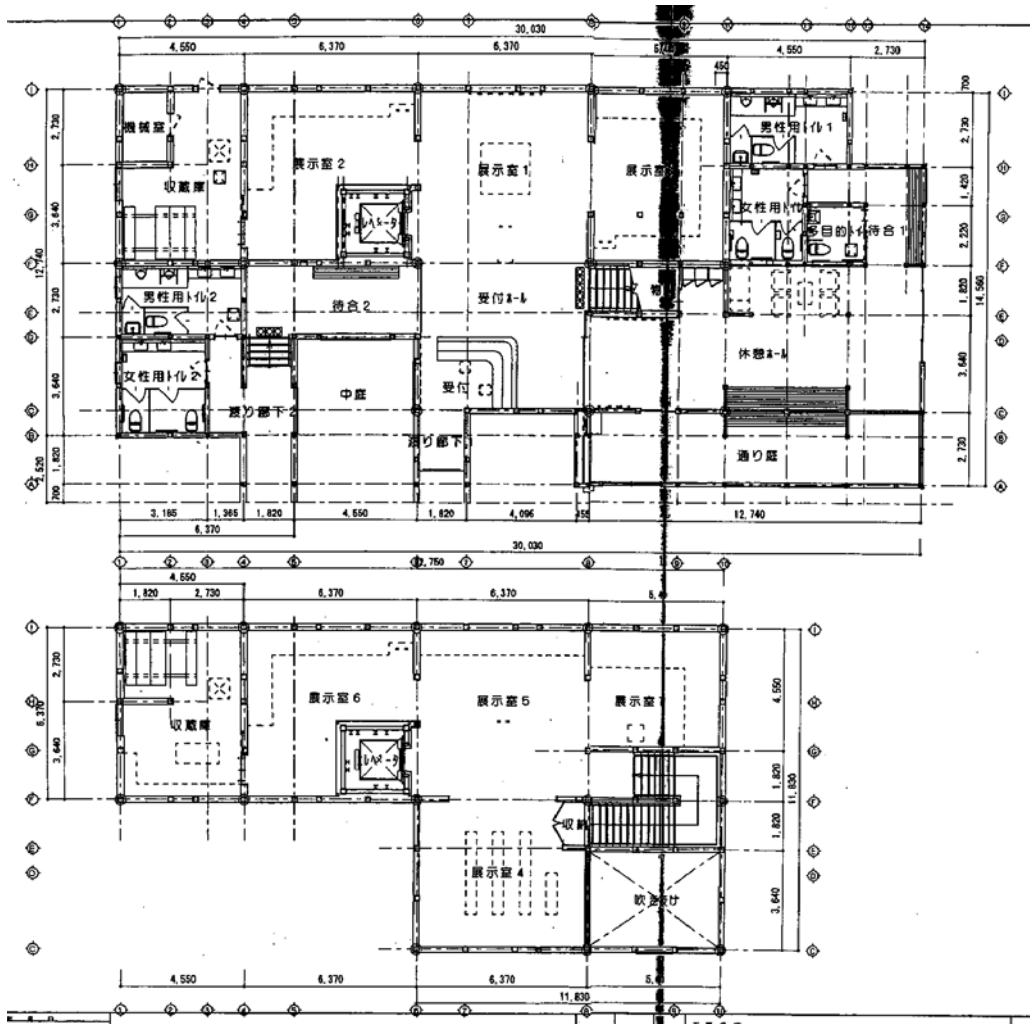


図-4.29 平面図-20

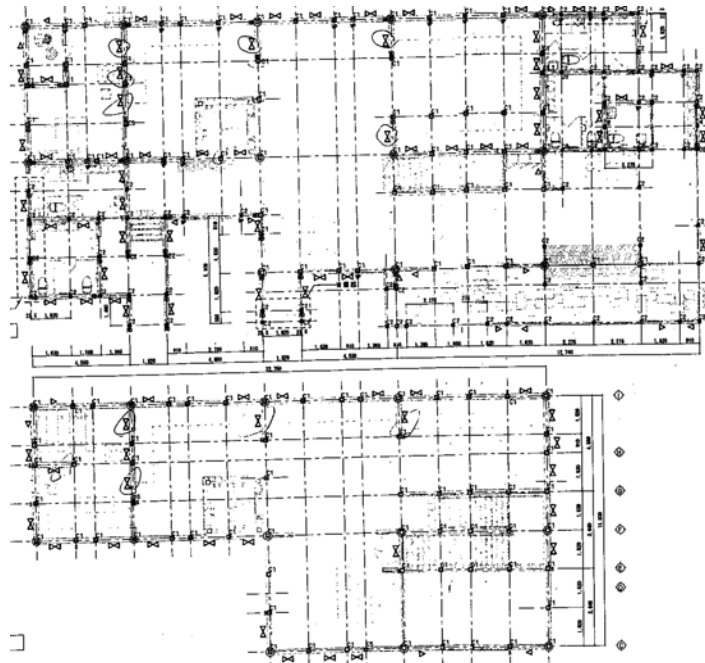


図-4.30 平面図-20の筋かい配置図

4.4 耐力壁量と被害の関係

4.4.1 被災地の家屋の特徴

被災地の家屋は、概して築年数の古い建物が多く、特に旧門前町地域では、築年数の古い建物しか無いわけではないが、見あたらないといっても良いほどであった。通りに面した町屋の多くは、漆器の製造作業場のある奥へ通じる通り庭(図-4.13の左手前～奥へ延びる土間)を有している。漆器の製造のみならず、販売も行っている場合には、図-4.14や図-4.24のように道路に面して店舗部分も設けられている。現在において漆器製造業を営んでいない場合、屋内廊下(玄関ホール)に改修されている場合(図-4.19など)もあった。漆器以外の店舗は、通り庭を維持した建物(図-4.27)や維持していないもの(図-4.26)などまちまちである。

門前町道下地区では、店舗でなくても、さらに南向きでなくても通りに面する部分のほとんどは開口(図-4.12等)であった。地区に限らず、概して言えることは、前面道路と直交方向の壁は比較的多いが、道路と平行方向の壁が極めて少ないことである。

4.4.2 詳細調査物件の壁量と偏心率

表-4.5に示す詳細調査を実施した物件それぞれの壁量と被害程度の間を考察した。壁量の算出には2通りの方法を適用した。

第一の方法では、筋かいや合板の有無・寸法等が不明である場合が多いため、無開口壁を倍率1として壁量を算出した。図面を拝借するなどして筋かいの配置が判明したものは筋かいの倍率を2として、無開口壁量に加えた。これに基づいて現行建築基準法の必要壁量に対する充足率(以下、基準法の壁量充足率と称する)を求めた。

第二の方法では、第一の方法によって算出した壁量に、開口壁の腰壁、垂れ壁を評価し、壁量として加えた。壁量として算入する開口壁は、少なくとも一方が無開口壁と隣接するものに限り、その評価方法は、開口低減係数^{4.1)}を準用して表-4.6に示す通りとした。ここで得られた壁量を住宅の品質確保促進法(以下、品確法)の壁量評価法に基づいて耐震等級1と同等に要求される壁量のうち、一般的に要求されるもの(表-4.7^{4.2)})と比較して壁量充足率(以下、品確法の壁量充足率と称する)を算出した。

表-4.6 有開口壁の評価方法

開口の幅	単位長さ当たりの倍率	
	窓型開口	掃出し開口
1m以下	0.4	0.2
1m～2m未満	0.3	0.15
2m以上*	0.2	0.1

*:ただし、3m以上は3mと見なす。

表-4.7 品確法の壁量評価法に基づいて耐震等級1と同等に要求される壁量

屋根・壁の種類	必要壁量	
	1階	2階
重い材料による場合	$46K_1Z$	$20K_2Z$
軽い材料による場合	$36K_1Z$	$14K_2Z$

ただし、 $K_1=0.4+0.6R_f$

$K_2=1.3+0.07/R_f$

(R_f は2階の床面積の1階の床面積に対する割合、0.1未満の場合は $K_2=2.0$ 。Z：建築基準法施行令第88条に規定する地震地域係数、石川県輪島市は0.9)

詳細調査物件の各方向の基準法、品確法の壁量充足率を比較してそれぞれ図-4.31、図-4.32に示す。ここで、X方向と称する方向は、概ね東西方向を示し、建物の梁間方向、桁行方向が東西南北と必ずしも一致していない場合は、採光を考慮したと推定される縁側等を南向きと判断し、X、Y方向を決めた。

壁量充足率は、X方向とY方向の壁量の相関性は低い。これは、前述の通り、通りに面する方向に依存して壁量が決まる傾向にあるためである。平成16年の新潟県中越地震による被災建築物(図-4.33、4.34)^{4.3)}と比較して大きな差はないが、充足率の平均値は若干低そうである。また、1階よりも2階の充足率が高い建物が多いのも前述の中越地震の場合とほぼ同じ傾向である。

また、品確法の壁量充足率算出に用いた壁量の配置に基づく偏心率を算出して図-4.35に示す。また、中越地震の詳細調査物件の偏心率を比較のための図-4.36に示す。被災建築物の1階と2階の偏心率、X、Y方向の偏心率には有意な差が認められない。今回の調査建物の偏心率は、中越地震の調査物件より高く、建築基準法で定める基準値0.3を超える物件が中越地区より相対的に多い。これも前述の通り町屋建築のためである可能性が高い。

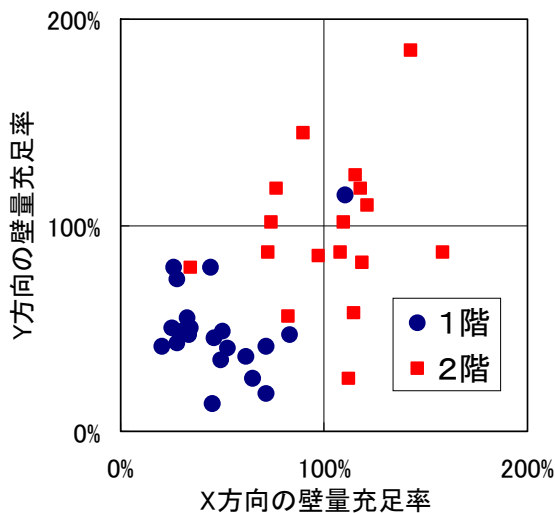


図-4.31 H19 能登半島地震詳細調査物件における基準法の壁量充足率

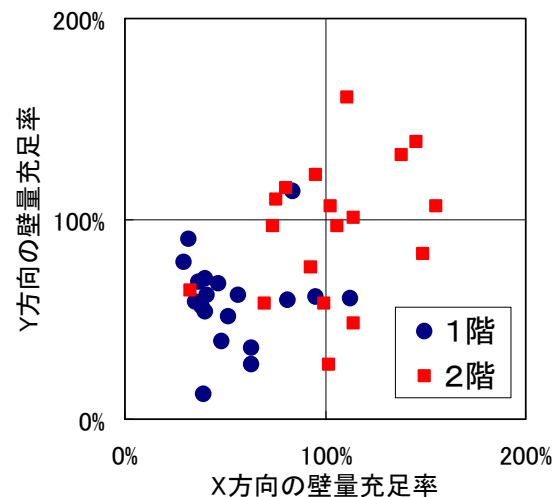


図-4.32 H19 能登半島地震詳細調査物件における品確法の壁量充足率

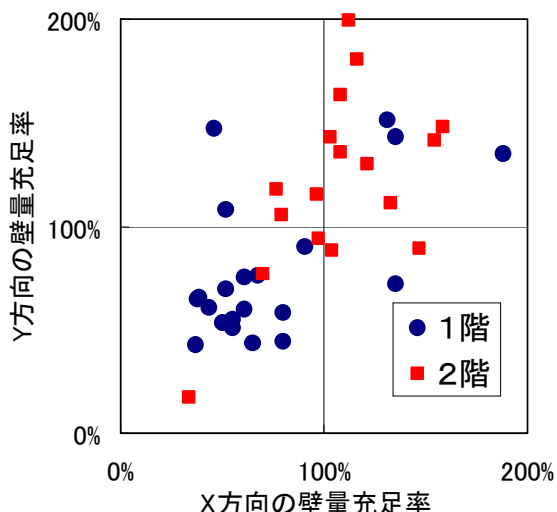


図-4.33 H16 中越地震詳細調査物件における基準法の壁量充足率

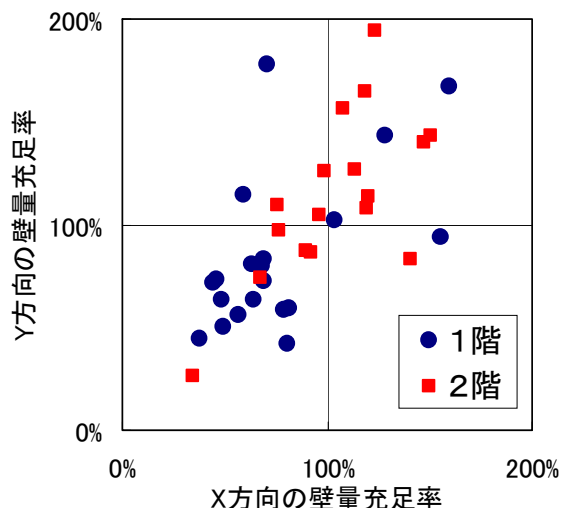


図-4.34 H16 中越地震詳細調査物件における品確法の壁量充足率

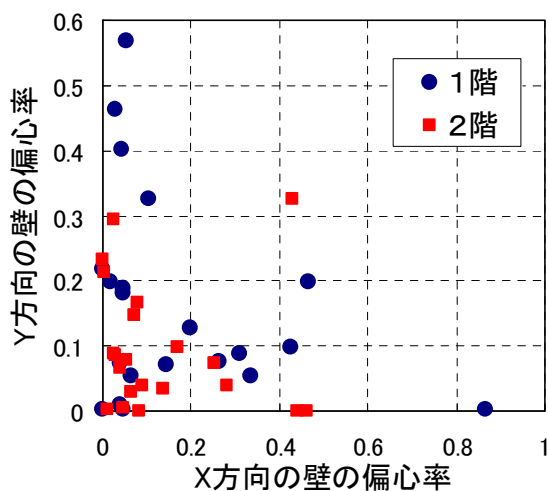


図-4.35 H19 能登半島地震詳細調査物件の偏心率

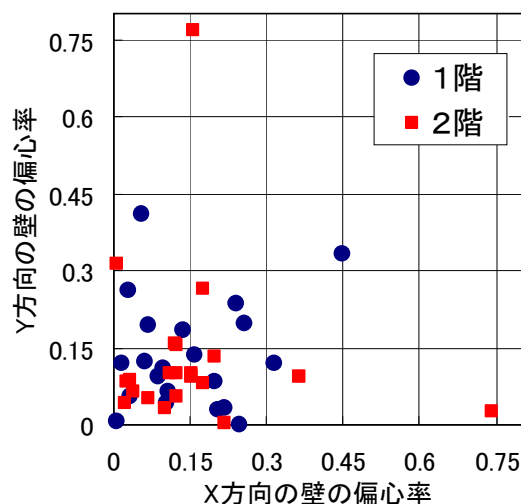
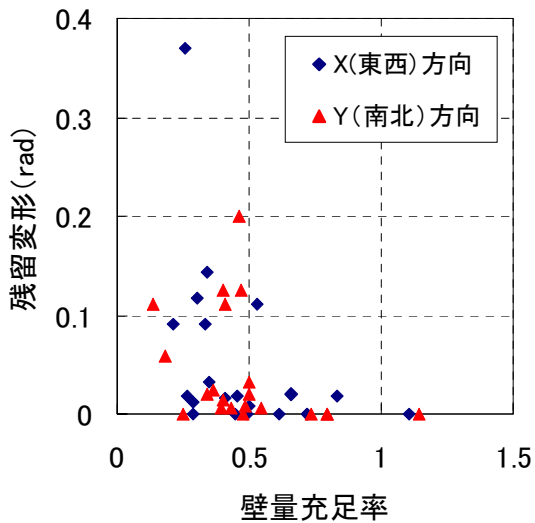


図-4.36 H16 中越地震詳細調査物件の偏心率

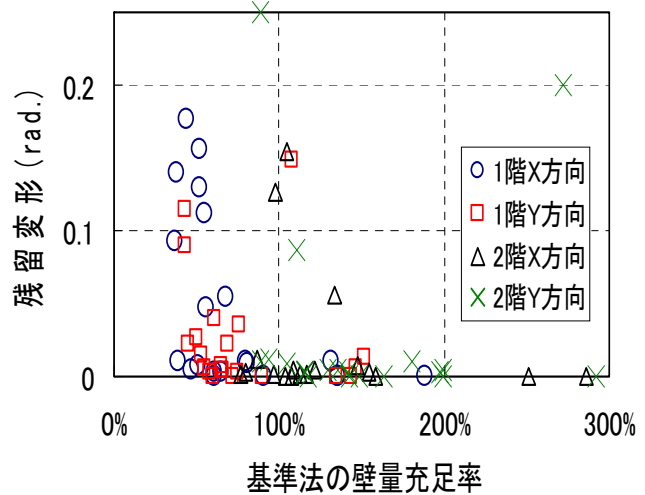
4.4.3 壁量充足率と残留変形

基準法、品確法の壁量充足率と残留変形を比較してそれぞれ図-4.37、図-4.38 に示す。また、比較のために H16 中越地震の詳細調査物件に対する壁量充足率と残留変形の関係も付記した。いずれについても、両者の間には明確な相関関係があるとは言えない。これは、耐力要素の仕様が明確でないこと、残留変形と地震時による経験変形は個々の物件ごとに異なることによるものと考えられる。

一方で、今回の能登半島地震の被害調査結果のみに基づけば、壁量充足率が約 70%以上で震度 6 強を記録する地震動が入力されても $1/200 \text{ rad.}$ を超えるような被害が無いことが分かる。震度 7 の中越地震の結果も合わせて考えると、前述のような簡易な壁量計算に基づく基準法、または品確法の壁量充足率でも、100%を超えていればせん断変形が $1/10 \text{ rad.}$ を超えて倒壊の可能性が生じるような被害を受ける可能性はまずないこと、簡易な計算によっても壁量充足率が余裕をもって 100%を超える場合には、震度 7 の地震動を受けても使用限界 $1/120 \text{ rad.}$ を超えるような大きな被害を受ける可能性は極めて低いといえる。

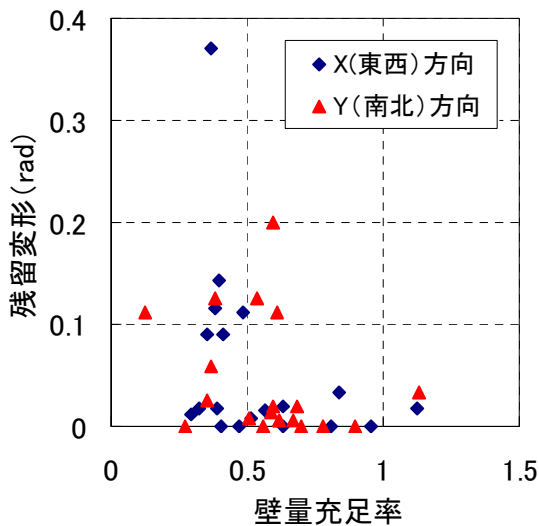


(a) H19 能登半島地震 (1階のみ)

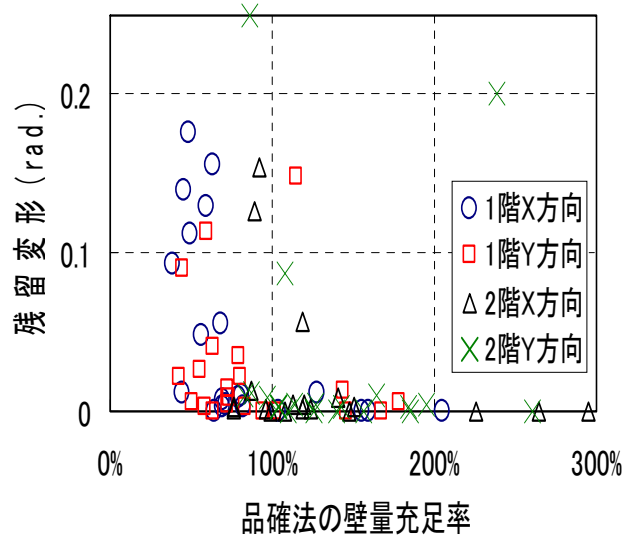


(b) H16 新潟県中越地震 (震度7)

図-4.37 基準法の壁量充足率と残留変形の関係



(a) H19 能登半島地震 (1階のみ)

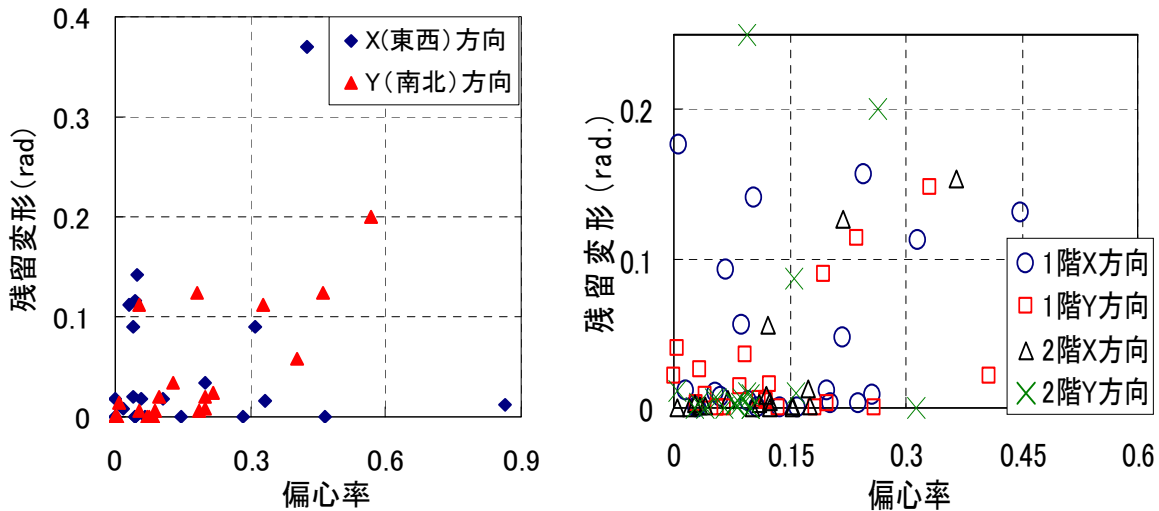


(b) H16 新潟県中越地震 (震度7)

図-4.38 品確法の壁量充足率と残留変形の関係

4.4.4 偏心率と残留変形

また、偏心率と残留変形を比較して図-4.39 に示した。H16 中越地震の被災建築物より、残留変形は偏心率と有意な相関関係にある。これは、H16 中越地震の詳細調査対象物件は、建築年代、構造仕様が多種多様であったのに対し、今回の能登半島地震の調査対象物件は、町屋、もしくはこれを改造した店舗併用住宅がほとんどで、建設年代もほとんどがかなり古いいため構造耐力をいずれも貫と土塗り壁に依存したものであり、ほとんどの建物の属性がほぼ同一視できるためと考えられる。よって、構造仕様が類似していれば、偏心率の上昇に従って、建物の被害程度は大きくなると言っても良いであろう。



(a) H19 能登半島地震（1階のみ）

(b) H16 新潟県中越地震（震度7）

図-4.39 偏心率と残留変形の関係

4.5 木造建築物の被害調査結果のまとめ

平成19年能登半島地震による木造建築物の被害の調査、並びに観測された地震波による応答解析の結果から以下の知見を得た。

- 1) 木造建築物の被害は、土塗り壁などを有する比較的古い構法による木造家屋、店舗併用住宅、比較的簡素な作りの倉庫・納屋の類（土蔵を含む）に集中している。
- 2) 被害が集中した地区は、輪島市の旧門前町地域で、特に道下地区、門前・館・走出地区の被害が大きく、かつ被災建築物の割合も高い。
- 3) 輪島市（旧輪島市地域）の被害は、旧門前町地域よりも少なく、軽微であるが、鳳至地区、河井町地区には、選択的に倒壊した家屋や大破した家屋などが複数見られる。倒壊したものは、いずれも土塗り壁などを有する比較的古い構法による木造家屋、店舗併用住宅、比較的簡素な作りの倉庫・納屋の類である。
- 4) 穴水町の被害は、その程度、割合共に輪島市より小さいが、のと鉄道穴水駅周辺の店舗併用住宅に被害が多く見られた。
- 5) 七尾市の被害は、その程度、割合共に穴水町より小さい。
- 6) 能登半島地震で大きな被害を受けた地区の木造建築物の多くは町屋建築で、その壁量は、中越地震等の被災地区と比べて少ない。
- 7) 基準法、品確法に対する壁量充足率が約70%を超えていると、残留変形1/200 radを超えるような大きな被害が無かった。

謝辞（木造調査関連）

本報告をまとめるにあたって実施した初動調査は、建築研究所国際地震工学センター斉藤大樹上席研究員と共同し、石川県林業試験場資源開発部専門研究員鈴木修治氏の協力を得て行った。また、第2次調査は、建築研究所構造研究グループの河合直人上席研究員と村上知徳交流研究員、同材料研究グループの山口修由主任研究員と中川貴文研究員と共同して、森林総合研究所構造利用研究領域チーム長杉本健一氏、鈴木修治氏（前掲）、並びに石川県林業試験場資源開発部主任技師松元 浩氏の協力を得て行ったものであ

る。また、調査地域の選定は、輪島市役所、並びに同市門前総合支所の情報提供に基づいている。関係諸氏にこの場を借りて謝意を表す。

引用文献（木造関連）

4. 1) 木造住宅の耐震精密診断と補強方法、(財)日本建築防災協会、p. 60, 2004.
4. 2) 河合直人：建築技術No. 608, p. 124, 2000.
4. 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所：平成16年新潟県中越地震建築物被害調査報告, pp. 176-223, 2006.

5. 鉄骨造建築物の被害

鉄骨造の構造的被害についてはごく一部の学校体育館や店舗で見られた。鉄骨造の学校校舎3棟と合わせて、調査結果の概要を示す。

5.1 学校体育館

新潟県中越地震では学校体育館の被害が顕著で、特に2階部分の桁行方向の鉄骨ブレースに被害が生じているものが多かった。今回調査をした石川県の能登半島では、2階までRC造で屋根のみ鉄骨造となっている構造形式（写真-5.1参照）も多く、2階柱の脚部等に若干のひび割れが生じたものはあるが、構造的に大きな損傷を被ったものはほとんどなかった。



写真-5.1 2階までRC造の体育館

調査した体育館の中で比較的大きな被害を受けたK小学校の体育館についての調査結果を示す。

K小学校の体育館は昭和46年の竣工である。1階RC造、2階及び屋根はS造のラチス柱及びラチス梁からなる。屋根形状は山形である。アリーナの大きさは実測で、桁行き（南北）43.4m×張間29.4mであった。

構造的な被害として桁行き方向のブレースの座屈、ガセットプレートの変形、柱脚部の回転、部分的な屋根面水平ブレースの変形が見られた。ブレース材はL75x75x9でX型に配置されている。中央部及び端部のガセットプレートは6mm厚、柱脚部ボルト径は25mmであった。

アリーナ部の床は25mm程度下がっていた。内壁の穴あき繊維板を留める釘の頭が1mm程度出ていた。天井は、屋根下地に密着した胴縁に穴あき繊維板をねじ止めしたもので、そのねじ頭が浮き出ている。地震後に窓ガラス1枚の破損に気付いたとのことであったが、以前に割れていた可能性も否めない。



写真-5.2 外観



写真-5.3 内観



写真-5.4 ブレースの座屈



写真-5.5 柱脚部の回転

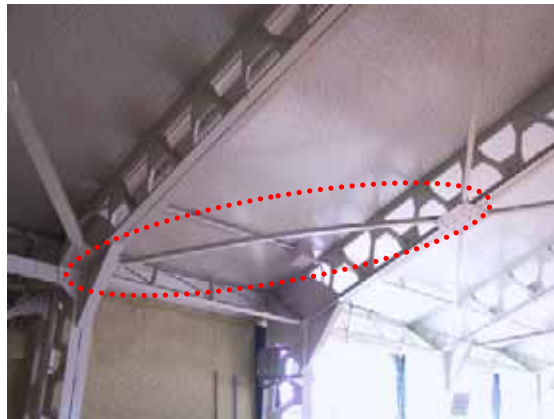


写真-5.6 屋根面ブレースの変形

5.2 学校校舎

5.2.1 M小学校校舎

昭和54年竣工の鉄骨造3階建てである。張間方向はブレース構造、桁行き方向はラーメン構造となっている。柱はH形鋼、梁は両端をプレートガーダーとし、中央部をラチス梁としている。構造的な被害は確認されていない。

教室の内装は多くの箇所天井勝ちであった。天井は軽量鋼製下地に9mmの化粧ロックウール吸音板による仕上げとなっていた。間仕切り壁は鋼製下地にせっこうボードを2枚張りとしたものである。

間仕切り壁が面外方向に移動しており、中には転倒しているものもあった。間仕切り壁は天井パネルにねじ止めされ、教室窓側のH形鋼柱にも留め付けられているものの、廊下側の壁には留められていなかった。特に、3階にある教室の間仕切り壁の被害が大きかった。桁行き方向がラーメン構造で比較的柔な構造であったこと、いわゆる新耐震以前の竣工であり上層部の揺れが大きくなることを設計段階では考慮されなかったと推察されること、なども間仕切りの被害に影響したと考えられる。

その他、ALCパネルの内壁に目地に沿ったひび割れが見られた。また、学校長の話では、地震以前に校舎に変形があって引き違い戸にゆがみが生じていたとのことであった。

なお、体育館も純鉄骨造であったが、特段の被害は見られなかった。



写真-5.7 張間方向のブレース



写真-5.8 間仕切り壁がずれた跡 (廊下側)



写真-5.9 転倒した間仕切り壁と廊下側内壁の取り合い



写真-5.10 天井裏の様子



写真-5.11 ALCパネルの目地割れ

5.2.2 0小学校校舎

昭和58年2月竣工の鉄骨造3階建てである。張間、桁行きともラーメン構造で、屋根にはカラー折板が使われている。柱は350角の角形鋼管で、周囲に40mm厚のモルタルが耐火被覆として施されている。柱梁接合部は通しダイアフラム形式である。構造躯体の被害は確認できていない。

内壁やトイレの天井板に軽微なひび割れがあり、天井に不陸が見られた。テレビは全て落下して故障したとのことであった。ガラスにも破損が生じた。設備関係では屋上の貯水タンクの配管の破損、浄化槽の破損が生じた。



写真-5.12 外観



写真-5.13 内観 (1階)

5.2.3 KW小学校校舎

昭和57年建設の鉄骨造3階建て。柱はH形鋼で、桁行き方向はラーメン構造、張間方向はブレース構造である。柱断面はH390x390x10x16、H340x250x9x14等で、X型に配置されたブレース材の断面は2C-180x75x7x10.5、2L-90x90x10、2L-75x75x6、等である。天井裏からラチス梁が確認できたが、鉄骨部材の損傷等は仕上げや耐火被覆により確認できていない。また校舎周辺の階段や犬走り等にも損傷はなかった。

内壁に軽微な亀裂が見られたが、地震以前からの亀裂もあった。間仕切り壁に損傷はなかった。音楽室の天井が一部破損していた。天井は厚さ9mmのロックウール吸音板の仕上げである。3階音楽室の前の廊下の天井の天井板が、音楽室の壁との取り合いで破損していた。音楽室の内壁はコンクリ

ートブロックでつくられており、天井と壁の納まりは壁勝ちとなっている。隣接する箇所では、天井と壁の納まりは天井勝ちになっている。間仕切りのブロック壁が天井裏でずれていることが確認されたが、調査後に補修することが既に予定されていた。

その他、トイレのタイルの一部剥落、校長室の窓ガラス破損1枚などの被害があった。周辺の民家では棟瓦にずれが生じていたが、大きな被害は見られなかった。



写真-5.14 外観



写真-5.15 内観



写真-5.16 トイレ入口の壁の亀裂



写真-5.17 理科室 (M小学校に類似)



写真-5.18 音楽室の天井



写真-5.19 音楽室と廊下の間仕切り壁



写真-5.20 張間方向のラチス梁



写真-5.21 柱梁接合部



写真-5.22 周辺の民家（棟瓦のずれ）

5.3 店舗

木造住宅で大きな被害のあった門前町にある2階建ての鉄骨造店舗の被害を示す。柱梁ともにH形鋼で、張間方向にラーメン構造となっている。2階床梁は柱に隅肉溶接されていたものと思われる。2階床梁が溶接部で切れており、かなりの面積に渡って2階床が落下している。

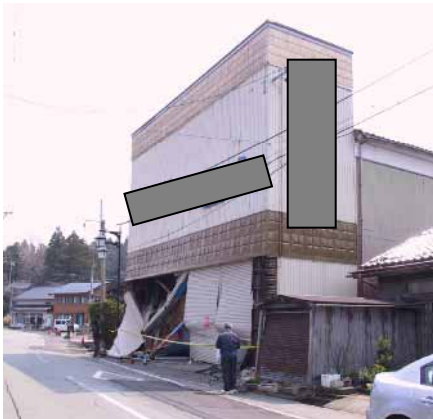


写真-5.23 外観

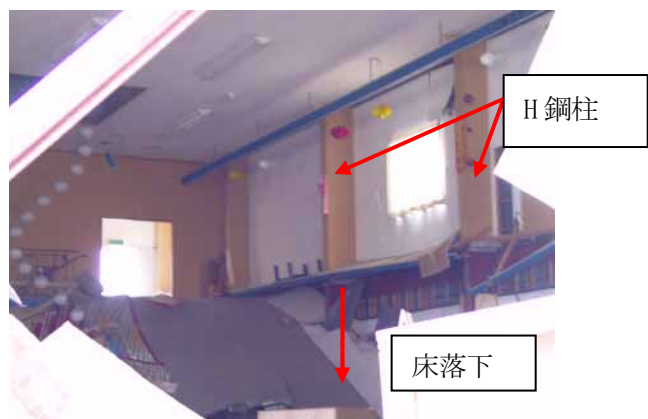


写真-5.24 内観



写真-5.25 柱（梁のH形鋼の跡が見える）

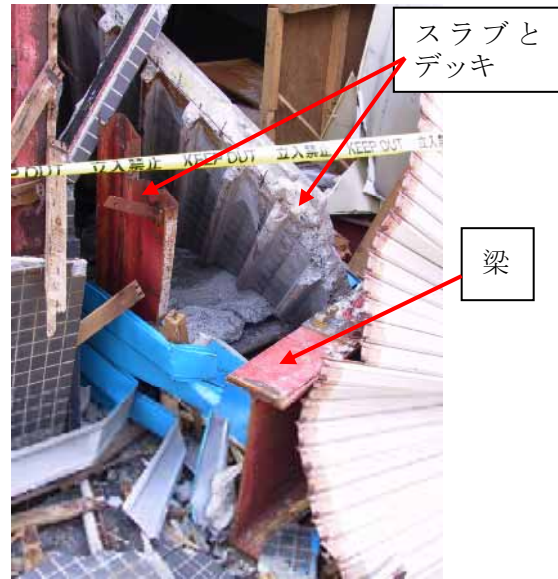


写真-5.26 落下した梁と床

5.4 まとめ

本章では鉄骨造建築物の被害について、学校体育館、学校校舎、店舗という3種類の建築物に分けて、調査結果の概要を示した。

学校体育館の構造的被害は新潟県中越地震に比べ少ない印象があった。地震の規模の違いもあるが、今回調査した地域では2階までRC造で屋根のみ鉄骨造となっている構造形式も多く、構造形式の地域差が被害の差に現れた可能性も考えられる。

学校校舎については構造躯体の被害を十分確認することはできなかったが、新耐震以前のラーメン構造では地震時の変形が比較的大きくなり、間仕切り壁等の非構造材の被害に少なからず影響を与えていたと考えられる。

店舗では2階床が落下した被害例があった。詳細は不明であるが、柱梁接合部の溶接が不十分であった可能性が考えられる。

6. 鉄筋コンクリート造建築物の被害

以下に鉄筋コンクリート造建築物の被害の概要を示す。

6.1 輪島市役所（鉄筋コンクリート造4階建て）

構造体の被害はほとんど見られなかった（写真-6.1）。建物周辺の地盤には、沈下・隆起・ひび割れなどが顕著に見られた（写真-6.2）。輪島市によれば、市内の公立学校はすべて耐震補強が済みであり、市内の学校、病院等の鉄筋コンクリート造建物の被害は報告されていない。



写真-6.1 輪島市役所



写真-6.2 輪島市役所周辺地盤の隆起・ひび割れ

6.2 輪島市門前総合支所（旧門前町役場）（鉄筋コンクリート造3階建て）

構造体の被害は見られなかった。建物は旧耐震基準で設計されているが、鉄骨ブレースによる耐震補強がなされている（写真-6.3）。建物中庭に震度計が設置されており、震度6強を観測した。震度計のプリントアウトには、1300ガルを超える最大加速度が記録されていた。建物周辺地盤の変状や、ひび割れが顕著に見られた。また、調査時点で、オフィス家具が飛散したままの状態であった（写真-6.4）。



写真-6.3 輪島市門前総合支所



写真-6.4 室内のオフィス家具の転倒被害

6.3 門前地区総合福祉会館（鉄筋コンクリート造2階建て）

建物は、昭和55年建設である（写真-6.5）。柱に軽微なひび割れが見られた。また、建物周辺の地盤に隆起・ひび割れが顕著に見られた（写真-6.6）。



写真-6.5 門前地区総合福祉会館



写真-6.6 総合福祉会館周辺の地盤変状

6.4 A小学校および講堂（校舎棟：鉄筋コンクリート造3階建て）

校舎棟は、昭和40年代に建設された。平成18年に鉄骨ブレースによる耐震補強が実施された。講堂（体育館）は、学校創立時（100年以上前）に建設された古い建物で、屋根組みが鉄骨の山形ラーメン、柱・壁の構造については資料がなく構造の確認が出来なかった（写真-6.7）。なお、講堂は耐震補強はなされていない。地震による被害は、校舎棟については、エキスパンション・ジョイント部の被害（写真-6.8）、廊下天井パネルの落下（写真-6.9）、講堂との渡り廊下の被害（写真-6.10, 6.11）が見られた。講堂は、妻壁の上部と鉄骨の梁との接合部が完全にはずれた状態であった（写真-6.12）。妻壁が外に倒壊する危険があり、調査時には、講堂は立入禁止の措置が取られていた。



写真-6.7 A小学校（手前が講堂、奥が校舎）



写真-6.8 校舎棟 EXP. J 部の被害



写真-6.9 校舎棟の廊下天井パネルの落下被害



写真-6.10 校舎棟と講堂の渡り廊下



写真-6.11 校舎と講堂の渡り廊下の被害



写真-6.12 講堂の妻壁部の被害

6.5 七尾市中島体育館

比較的新しい体育館である。本体は鉄筋コンクリート造、屋根は鉄骨トラス。被害は、正面のガラスが数箇所、枠ごと落下した（写真-6.13）。側面も1箇所ガラスが破損した。本体は、ほとんど無被害であるが、柱・梁に微少なひび割れが見られた。



写真-6.13 七尾市中島体育館

6.6 七尾市役所田鶴浜支所（旧田鶴浜町役場）（鉄筋コンクリート造3階建て）

新耐震以前の建物で耐震補強はなされていないが、地震による構造体の被害は見られなかった（写真-6.14）。建物の裏庭に、震度計が設置されており、震度6強が観測された。建物周辺には、液状化の跡が見られた（写真-6.15, 6.16）。また、地震直後にオフィス家具が散乱した（写真-6.17：写真は田鶴浜支所の方から頂いたもの）。



写真-6.14 七尾市役所田鶴浜支所



写真-6.15 建物周辺部の液状化被害



写真-6.16 建物周辺部の液状化被害



写真-6.17 地震直後の室内の状況
(田鶴浜支所提供)

今回の能登半島地震による鉄筋コンクリート造建物の被害は、極めて軽微であった。その原因として、全般に建物周辺の地盤変状が大きいことから、建物と地盤の相互作用効果により、建物への実効地震入力がそれほど大きくなかったことが考えられる。また、鉄筋コンクリート造の公共建物の多くが、耐震補強をすでに終えていたことも、被害が少なかった原因の一つと考えられる。その意味で、建物の耐震補強の効果が確かめられたとも言えよう。なお、建物の構造的な被害はなくても、室内の家具が飛散する被害は発生しており、例えば、輪島市門前総合支所では、明らかに災害対策業務への支障が発生していた。こうした建物の機能性に与える影響を考慮した耐震性能の確保が今後、ますます重要になるとと思われる。

7. 非構造部材の被害

非構造部材の被害調査は主に公共体育館の天井被害について行った。以下にその概要を示す。

7.1 学校体育館

7.1.1 体育館 A (加賀市)

昭和 62 年に竣工した中学校体育館である。構造は RC 造であり、屋根は S 造山形屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行 (東西) 39.8m×張間 33.7m、床から天井までは 9.6m~13.7m である。

アリーナの天井面は梁間方向中央を頂点とする山形であり、菱形の照明部分と、六角形の天井ボード部分がある (写真-7.1)。菱形の部分と六角形の部分の境界は金属フレームで出来ている。六角形のボード部分では桁行方向にクロス T バーが、梁間方向にメイン T バーが配置されている。T バーは外縁では境界の金属フレームから吊られ、内側では軽量鋼製下地から吊られている。天井パネルは、菱形の照明部は金属網、六角形のボード部はグラスウールボードである。アリーナ 2 階ギャラリーや舞台裏の通路上部の天井は捨て張り工法による天井であり、天井パネルは実測で厚さ 9mm のせっこうボードに厚さ 11.5mm のロックウール吸音板で仕上げたものである。

被害としては、グラスウールボードが 18 枚脱落した。ボードが脱落した部分を見ると、バー材にはボードの押さえ金物はなかった。クロス T バーが 1 箇所なくなっていた (写真-7.2)。2 階ギャラリーの捨て張り工法による天井が舞台脇の箇所で左右対称に破損・脱落していた (写真-7.3)。



写真-7.1 体育館 A の内観 (パノラマ合成)



写真-7.2 クロス T バーがない箇所
(床面から見上げた様子)



写真-7.3 捨て張り工法による天井の被害
(加賀市役所提供)

7.1.2 体育館B (志賀町)

平成元年に竣工した小学校体育館である（小学校は閉校）。構造はRC造で、屋根はS造H形鋼による山形屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行（東西）23.8m×張間 17.7m、床から天井までは7.7m～9.3mである。

天井は、桁行方向にクロスTバー、梁間方向にメインTバーが配置されている。天井面は中央部が平坦な山形をしており、平坦な部分から勾配のある部分に変わる箇所では天井面が分かれている。

被害としては、グラスウールボードが多数脱落していた（写真-7.4）。脱落箇所は、妻壁際（写真-7.5）、照明器具部分、天井が桁と取り合う段違い部分の垂直面が主な箇所であった。舞台と反対側の妻面では、長さ約1.3m、重量約800gのクロスTバーが複数本落下していた（写真-7.6）。窓の被害は見られなかった。渡り廊下のエクステンションジョイントカバーが脱落していた。構造的には、体育館アリーナの2階ギャラリーの床レベルで、柱に曲げひび割れがあった。



写真-7.4 体育館B内観（パノラマ合成）



写真-7.5 舞台と反対側の妻面での被害状況



写真-7.6 脱落したグラスウールボードとバー材

7.1.3 体育館C (志賀町)

昭和62年に竣工した小学校体育館（小学校は閉校）。構造はRC造であり、屋根はH形鋼による山形屋根である（体育館Bと同じ構造形式）。アリーナの内法は実測で、桁行（南北）26.3m×張間 17.7m、床から天井までは7.7m～9.3mである。張間寸法及び天井高さは体育館Bと同じである。

天井は、桁行方向にメインTバーが、梁間方向にクロスTバーが配置されている。天井面は中央部が平坦な山形をしており、平坦な部分から勾配のある部分に変わる箇所では天井面が分かれている。バスケットゴール昇降用ケーブルの中継滑車の支持部材や照明がバーのグリッド上に配置されており、

その箇所でバーが不連続になっている。

被害は、グラスウールボード、バー材及び部品等が多数脱落しており（写真-7.7、7.9）、特に照明器具の近辺でボード等が脱落していた（写真-7.8）。断面がC型で薄くて部材長の長い金属材が落下していた。学校校舎については、玄関脇に飾られたトロフィー類の倒れ、ガラスブロック壁の破損、エキスパンションジョイント部分周辺のマルタルの剥離などが見られた。隣接する比較的古い木造建物に被害は見られなかった。



写真-7.7 体育館C内観（パノラマ合成）

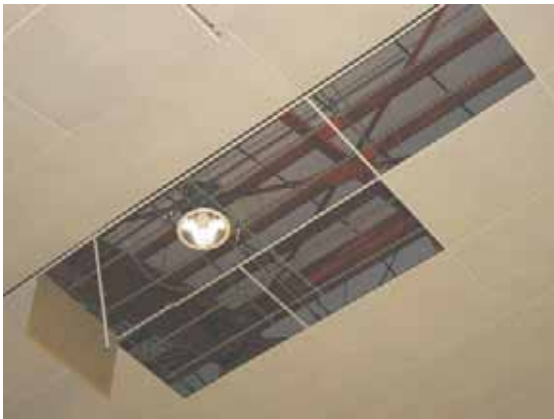


写真-7.8 照明機器周辺における天井の被害



写真-7.9 落下したシングルクリップ

7.1.4 体育館D（穴水町）

昭和60年に竣工した高等学校体育館。体育館のある建物は2階建てで、2階が体育館、1階はピロティと柔剣道場である。構造はRC造。屋根はS造（H形鋼による山形屋根、図面により確認）である。アリーナの内法は実測で、桁行（北東－南西）32.8m×張間23.6m。床から天井までは7.6m～9.7mである。

天井は、桁行方向にメインTバーが、梁間方向にクロスTバーが配置されている。天井面は中央部が平坦な山形である。

被害は、体育館を始業式よりの使用に間に合わせるために既に復旧工事が行われており、現地での確認は行っていない。学校関係者によると、グラスウールボード7枚と、30cm程度の長さの金属製の部材（詳細不明）が1つ落下したとのことである（写真-7.10）。ステージとは反対側の妻面の壁と天井の取り合いの材が一部新しくなっていた（写真-7.11）。1階ピロティ部分で腰壁が柱際で破損していた。ただし、腰壁と柱の間にスリットがあり、柱に特段の損傷はなかった。その他は構造的な被害は見られなかった。



写真-7.10 天井パネル脱落被害 (学校提供資料より)



写真-7.11 壁と天井の取り合い

7.1.5 体育館 E (能登町)

昭和 60 年竣工の小学校体育館 (小学校は昨年度で閉校)。構造は RC 造。屋根は山形 H 形鋼鉄骨造である。アリーナの内法は実測で、桁行 (南北) 29.7m×張間 16.7m である。

天井は、梁間方向に T バーが、桁行方向に H バーが配置されている。H バーが T バーに留められていた形跡は見られない。吊りボルトは H 鋼梁に溶接されたり屋根折板に取り付けた金属部材に溶接されたりしている (写真-7.13)。天井パネルはロックウール吸音板で、幅 300mm×長さ 1,657mm 又は 1,480mm×厚さ 15mm である。

被害としては、ほぼ全面で天井パネルが落下していた (写真-7.12、7.14)。構造的には屋根面の水平ブレース 1 箇所わずかな変形が見られる程度であった。体育館と校舎をつなぐ渡り廊下のエキスパンションジョイント部分に被害が出ていた (写真-7.16)。



写真-7.12 体育館 E 内観 (パノラマ合成)



写真-7.13 天井下地の様子



写真-7.14 ずれたり脱落しかけたりしている
天井パネル



写真-7.15 落下した様々な部材



写真-7.16 エキスパンション
ジョイント部分の破損

7.1.6 体育館F（加賀市）

昭和49年に竣工した小学校体育館。構造はRC造。屋根はS造山形屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行（南北）29.4m×張間24.8m、床から天井までは7.1m～8.5mである。

天井は、鋼製の正方形の枠（L-50×50×6，2m四方）にワイヤーメッシュ及びグラスウールボード等がはめ込まれている。枠は径9mm程度の丸鋼4本で母屋等の構造材から吊られており、隣り合った枠は径9mm程度の丸鋼で連結されている。

被害としては、吊り材と鋼製の枠の溶接部分が切れて鋼製枠が下がっていた（写真-7.18）。また学校関係者によると、丸鋼（径9mm、400mm）、ネジ・ナット、詳細が不明な赤褐色の金属部材が落下したとのことである（写真-7.19）。



写真-7.17 体育館Fの内観（パノラマ合成）



写真-7.18 被害を受けた天井の様子



写真-7.19 様々な落下物

7.1.7 体育館G（志賀町）

昭和59年に竣工した中学校体育館である。体育館のある建物はRC造2階建てであり、1階が剣道場、2階が体育館である。屋根はPC造の陸屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行（東西）34.5m×張間22.7m、床から屋根梁下までは9.5mである。

天井面は平坦である。鋼製枠に金属網がはめ込まれた単位で構成されており、アンカー部分よりつりボルトで吊られている。

被害としては、短いネジや金属製の部品が数個落下していた。金属製の部品と同様の部品は、張間方向端部で、天井面を構成する金属枠と建物壁面との間に取り付けられていた。つりボルトが3箇所アンカーより抜けており、その部分の天井面が下がっていた（写真-7.21）。照明器具のカバーが外れて、落下防止の鎖にぶら下がっていた。

体育館の柱にわずかに曲げひび割れがあった（写真-7.22）。校舎の非耐力壁や1階床にひび割れがあった。校舎と体育館を結ぶエキスパンションジョイントが破損していた。校舎脇の側溝付近には亀裂があった。敷地内の石標が転倒していた。



写真-7.20 体育館 G 内観 (パノラマ合成)



写真-7.21 梁際で下がった天井面

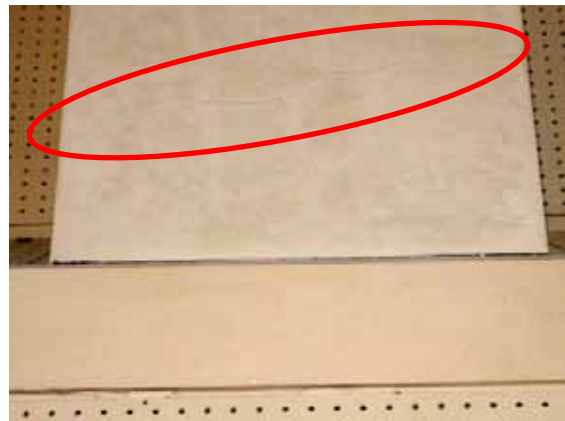


写真-7.22 体育館の柱に生じた曲げひび割れ

7.1.8 体育館 H (志賀町)

昭和 52 年に竣工した小学校体育館である。構造は RC 造。屋根は鉄骨 H 形鋼梁の山形屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行 (南北) 22.3m×張間 17.7m、床から天井までは 6.6m~8.4m である。

天井は断面形状は円筒状である。天井板は図面によると厚さ 9mm のせっこうボードである。

被害としては、バスケットゴール昇降用ケーブルの中継滑車の支持部材が天井面を貫通する箇所と壁際の箇所で、天井パネルがそれぞれ 1 枚ずつ脱落しかけており (写真-7.24)、ビスの頭抜けが見られた。登り綱を吊るすレールの支持部材が天井面を貫通する箇所で、天井材が 10cm 角程度の小片で脱落していた (写真-7.25)。



写真-7.23 体育館 H 内観



写真-7.24 脱落しかけた天井材



写真-7.25 落下した天井材

7.2 公共体育施設

7.2.1 体育館Ⅰ（加賀市）

昭和59年に竣工した公共体育館である。構造は1層はRC造、2層はH形ハンチ柱+ブレース（L-90×90×13の2丁合わせ、X型）。アリーナの内法は実測で、桁行（東西）44.0m×張間34.0m、床から天井までは9.1m～13.7mである。

天井板は厚さ26mm程度のグラスウールボードであり、落下したボードを測定したところ大きさは、980mm×1,070mmであった。ボードの各辺が載るバー材に2個ずつ押さえ金物がある。バー材の吊り長さは、アリーナ上部は図面より約20cm～80cmであり、ランニングロード上部は実測で約90cm～130cmである。

被害としては、グラスウールボードがアリーナ部で7枚、ランニングロードで13枚、脱落していた（写真-7.27、7.28）。天井以外の非構造部材の被害は体育館関係者によると、窓ガラス13枚、窓枠9箇所破損したとのことであり、2段の窓の特に上段（グレージング止め、引き違い窓を固定）についてのみ、南側の中央部に破損が集中していたとのことである（写真-7.26の円内辺り）。構造被害は、柱脚部に微細なクラックが見られる程度であった。



写真-7.26 体育館Ⅰの内観（パノラマ合成）



写真-7.27 被災直後のランニングロード上部の様子 写真-7.28 脱落しかけたグラスウールボード
(加賀市役所提供資料より)

7.2.2 体育館J (金沢市)

平成11年に竣工した公共体育館である。体育館のある建物は地下1階、地上2階、2階に体育館があり、1階に事務室、地下1階に温水プールがある。構造はRC造。屋根はS造(H形鋼)で円筒状である。アリーナの内法は実測で、桁行(東西)36.7m×張間26.9m、床から天井までは7.0m~9.8mである。

天井は、断面形状は円筒状である。メインTバーが桁行方向、クロスTバーが梁間方向に配置されており、天井パネルはグラスウールボードがはめ込まれている。

被害としては、柱近くのグラスウールボード1枚が落下していた(写真-7.30)。グラスウールボードがTバーの掛かり代からはみ出しているものは多数あった(写真-7.31)。アリーナの2階ギャラリーの床レベルで、柱に曲げひび割れがあった。



写真-7.29 体育館J内観(パノラマ合成)



写真-7.30 グラスウールボードが脱落した箇所



写真-7.31 天井のグラスウールボードの様子

7.2.3 体育館K（七尾市）

平成3年に竣工した公共体育館である。体育館のある建物は3階建てであり、体育館は1階にあってアリーナは3階まで吹き抜けている。構造はRC造。屋根はS造の山形屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行（南北）33.7m×張間42.7m、床から天井までは9.8m～12.4mである。

天井は中央及び端部に平坦部があり、張間方向になだらかな勾配部を持つような形状である。桁行方向にクロスTバーが、梁間方向にメインTバーが配置されており、天井パネルはグラスウールボードがはめ込まれている。

被害としては、妻壁際や天井の勾配が変わっている部分でグラスウールボードが計7枚脱落していた。中央の水平部分ではグラスウールボードが5枚脱落していた。壁際で周り縁が脱落しかけたり（写真-7.33）、クロスTバーがメインTバーとの接合部分で外れたりしていた。アリーナの2階ギャラリーの床レベルで、柱に曲げひび割れがあった。施設関係者によると1階観覧席の60ヶ所にひび割れが報告されたとのことであり、スロープや座席床に幅2mm程度のひび割れが見られた（写真-7.34）。建物周辺には、地盤の沈降による段差ができていた。



写真-7.32 体育館K内観（パノラマ合成）



写真-7.33 妻壁際で脱落しかけた天井部材



写真-7.34 観覧席横の階段に見られたひび割れ

7.3 その他の建物

7.3.1 建物L

竣工年は不明。平屋建て。構造はS造である。屋根は道路側と敷地裏側に向かって緩やかに下り勾配がついており、頂点部分では段差がある。

天井は軽量鋼製下地に化粧せっこうボード張りである。軽量鋼製下地は、道路に平行な方向が野縁方向。せっこうボードがない箇所を見ると、せっこうボードは野縁に釘で留め付けられている。

被害としては、せっこうボードが周辺部との取り合いで破損していた（写真-7.36）。道路側端部のせっこうボードの破損部分を見ると、野縁に留め付けられていなかった。天井面にゆがみが見られたり（写真-7.37）、天井面と周囲の壁面との間にすきまが見られたりした（写真-7.38）。



写真-7.35 建物L外観（破線部で天井被害を確認）



写真-7.36 端部でのせっこうボードの破損



写真-7.37 天井面のゆがみ



写真-7.38 天井と壁面のすきま

7.3.2 建物 M

平成4年竣工の事務所建物。建物Nと同じ敷地内に建っている。構造はS造2階建て。屋根は瓦葺。敷地内に関係する建物が数棟建っている。エントランスホールは2層吹き抜けになっており、スパンは実測で13.8m、勾配天井の高さは8.1m~9.6mである。天井は被害写真や現場の目視によると、軽量鋼製下地に石膏ボード捨て張り、化粧ロックウール吸音板仕上げである。

被害としては、エントランスホールの勾配天井が部分的に脱落していた（写真-7.40）。施設関係者によると、本震の際に天井面が2cm程度垂れ下がり、3月26日に余震で脱落したとのことである。軒天井が2箇所脱落している。屋根ブレースに若干の伸びが見られた。建物の棟瓦が破損していた。



写真-7.39 建物 M の外観



写真-7.40 エントランスホールの天井の被害

7.3.3 建物 N

平成5年竣工であり建物内にホールなどがある。建物Mと同じ敷地内に建っている。構造はS造平屋建てである。屋根は瓦葺き。建物内のホールの天井は、Tバーを桁行方向に、クロスTバーを梁間方向に配置している。天井パネルは、グラスウールボードがはめ込まれている。

被害としては関係者によると、グラスウールボードパネルが複数枚落下したとのことである。建物の棟瓦が破損しており、外壁タイルに割れが見られた。



写真-7.41 ホールの内観



写真-7.42 天井補修工事の様子
(建物N 関係者提供)

7.4 まとめ

近年の地震による大規模空間の天井の主な被害についてまとめると表-7.1 のようになる。在来工法による天井をA型としている（在来工法による天井は、鋼製天井下地材にせっこうボードをビスでとめた上にロックウール化粧吸音板を接着材とステープルでとめて天井面を仕上げるなどする）。枠材等に面材をはめ込むような形式の天井で、面材にグラスウールボードなど比較的軽量なもの（軽量天井面材と呼ぶこととする）を用いるものをB型としている。B型と同じ形式の天井で、面材にロックウール化粧吸音板や金網・ルーバーなど比較的質量・密度のある面材（普通重量天井面材と呼ぶこととする）を用いるものをC型としている。

表-7.1 近年の地震における大規模空間の天井の主な被害について

	芸予地震 (平成13年)	十勝沖地震 (平成15年)	宮城県沖の地震 (平成17年)	能登半島地震 (平成19年)
在来工法 普通重量天井面材 (せっこうボード +ロックウール化粧吸音板、等) ねじどめ+ステープル 接着剤 [A型]	○	○	○	—
はめ込み型 軽量天井面材 (グラスウールボード等) [B型]	○	—	—	○
はめ込み型 普通重量天井面材 (ロックウール化粧吸音板等) [C型]	—	—	—	○

○：被害報告あり —：被害報告なし

平成13年芸予地震による体育館の天井脱落、平成15年十勝沖地震による空港ターミナルビルの天井脱落、平成17年の宮城県沖の地震による屋内水泳場の天井脱落では、A型の天井の脱落被害が報告された。天井面は連続的に脱落しており、比較的広範囲の脱落被害となっている。平成13年芸予地震ではB型の天井の被害についても報告されている。

今回の能登半島地震では、従来から被害報告のあるB型に加えて、C型の天井について脱落被害が

あった。B型の天井面材は軽く、脱落したとしても人身を損傷する可能性は非常に少ない。C型の天井には比較的重量のある天井面材が用いられる。今回見られたC型の天井被害では天井面材の脱落被害が見られ、多くの部材が脱落した場合には比較的広範囲にわたる被害にもなっている。今回の大規模空間における天井被害の内容について今後検討を行い、脱落被害を生じた、これまで主に取り上げられてきた天井とは違う工法による天井についても新たな検討を加える必要がある。

8. 宅地地盤・基礎の被害

8.1 はじめに

本報告は、能登半島地震の約1ヶ月後の被災地で実施した建築物の基礎及び宅地地盤の被害状況や携行機材等を用いた調査結果をまとめたものである。現地では、表面波探査・微動アレイ観測・常時微動観測やスウェーデン式サウンディングによる地盤調査、住宅被害等に関する現地調査のほか、地盤高に関するレベル調査や土質試料採取、などを実施した。

8.2 調査行程

5月2日 午前・午後 輪島市門前町道下及び総持寺
5月3日 午前・午後 輪島市門前町及び総持寺、穴水町
5月4日 午前 穴水町ほか

8.3 調査体制

国際地震工学センター 田村昌仁（上席研究員）
建築生産グループ 平出 務（主任研究員）
応用地質(株) 林 宏一ほか（表面波探査ほか）
東京ソイルリサーチ(株) 松岡 誠ほか（スウェーデン式サウンディング）
敷地基礎分科会・同作業WG 関係者（耐震化率向上を目指した普及型耐震改修技術の開発, H18-20）
住宅生産団体連合会 : 岡野泰三（三井ホーム(株)）、松下克也（ミサワホーム(株)）
山本明弘（大和ハウス工業(株)）
日本木造住宅産業協会：米田 誠（事業推進部）、菊地康明（(株)ポラス）
住宅地盤品質協会 : 若命善雄（(株)設計室ソイル）

8.4 現地で実施した地盤調査等

(1) 二次元表面波探査

輪島市門前道下全長	約 1,150m	輪島市総持寺周辺	約 150m
穴水町	約 1,300m	穴水町周辺	約 110m

(2) スウェーデン式サウンディング

輪島市門前道下	3ヶ所	輪島市総持寺周辺	1ヶ所
穴水町	4ヶ所	穴水町周辺	1ヶ所

(3) 微動アレイ観測

輪島市門前道下	1ヶ所、	穴水町	3ヶ所
---------	------	-----	-----

(4) 常時微動観測

輪島市門前道下	1ヶ所、	穴水町	4ヶ所
---------	------	-----	-----

(5) その他

地盤高レベル測定（輪島市門前道下・総持寺、穴水町）
土質試料採取（輪島市門前道下、穴水町）
地下水位観測（輪島市門前道下、穴水町）

など

8.5 調査地域の地盤概要

既往の文献や現地調査などに基づく調査地域の地盤概要を以下に述べる。

8.5.1 門前町付近

門前道下地区の中心地は、標高が概ね TP. +7~+10m であり、市街地北側に位置する八ヶ川沿線の水田よりも 2~3m 高くなった平坦地である。市街地の中心は、東西に延びる道路を中心にして東西方向約 800m、南北方向約 300m の範囲にあるが、東側がやや高い状況にある。

道下地区の地表面付近で採取された砂は、海岸に分布する海浜砂とほぼ同一で、平坦面は海成の河岸段丘と考えられる。周辺の山地には、第三紀中新世前の黒瀬谷類層に属する砂岩・礫岩が分布しており、市街地の表層地盤を構成している砂層の下には岩層などが堆積していると考えられる（図-8.1(a)参照）。

現地調査における聞き取り調査の結果から判断すると、近年まで深度 5m 程度付近から湧水を飲料水として利用していたようであるが、表層部分の地下水位（孔内水位）は、GL. -1~-2m と浅いことから、背後（南側）の山側から砂層下の岩盤表面を流れていた地下水が流れ、これを飲料に利用していた可能性も考えられる。

8.5.2 穴水町付近

穴水地区は、小又川、山王川による形成された細長い低平な沖積平野の平野部にあり、その市街地は、幅約 1km、長さ約 2km のほぼ平坦地にある。今回の調査範囲である海岸線より 1 km 内陸側の地域でも、標高は概ね TP+4m である。周辺に山地もあるが、海岸線までリアス式海岸が続いている（図-8.1(b)参照）。

穴水の平坦地では、概ね軟弱層が地表から厚く堆積しており、木造住宅でも 20m を超える杭を採用している地域がある。ただし、不陸の大きい埋没地形が発達しており、地表面から数 m で岩盤が出現する地域があることも指摘されている。なお、穴水地区は、過去に洪水の被害を受けており、また河床勾配が小さいことから、湿地性の土砂（有機質土など）が堆積しやすい環境にある。図-8.2 は、穴水地区における K-NET 観測地点の柱状図であるが、厚さ約 1m の表土の下に高有機質土が約 9m 堆積し、その下層にはシルト・砂・砂質土層が存在し、深度約 17m で N 値 50 以上の岩層が認められる。



図-8.1(a) 輪島市門前町周辺の地盤概要

(この地図は国土地理院発行の「1/10 万地殻変動土地条件図能登半島」の一部を使用したものである)

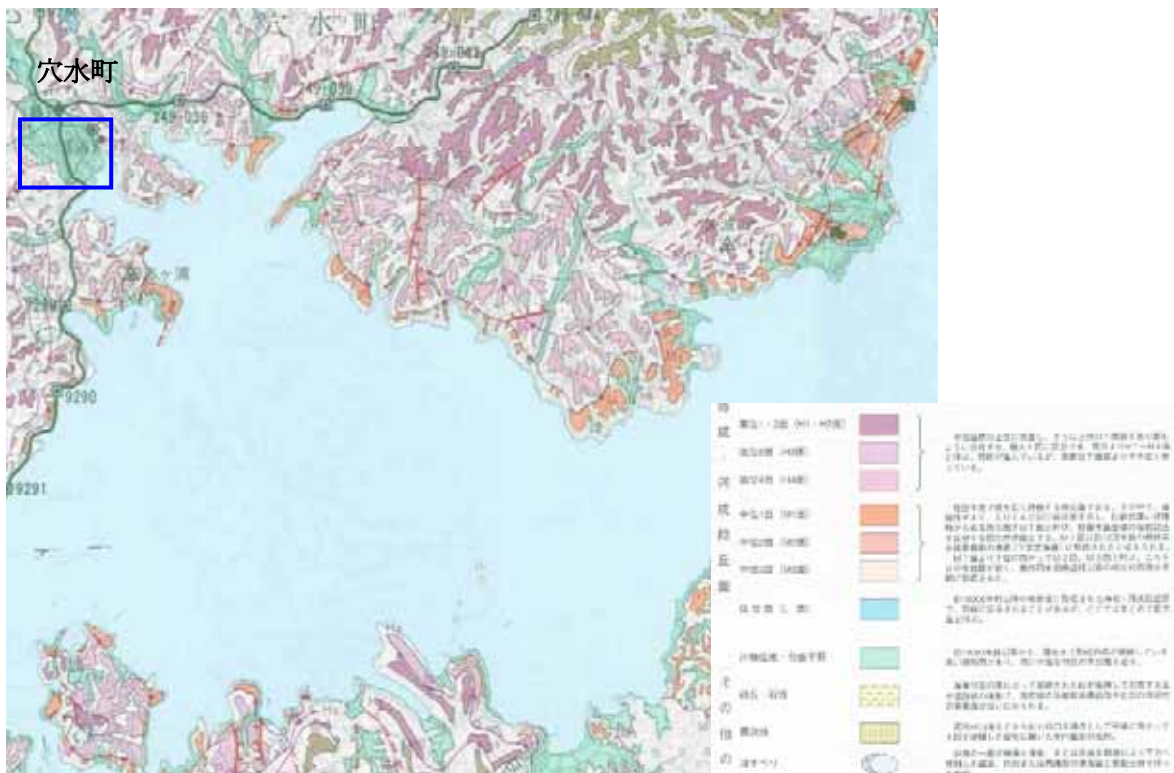
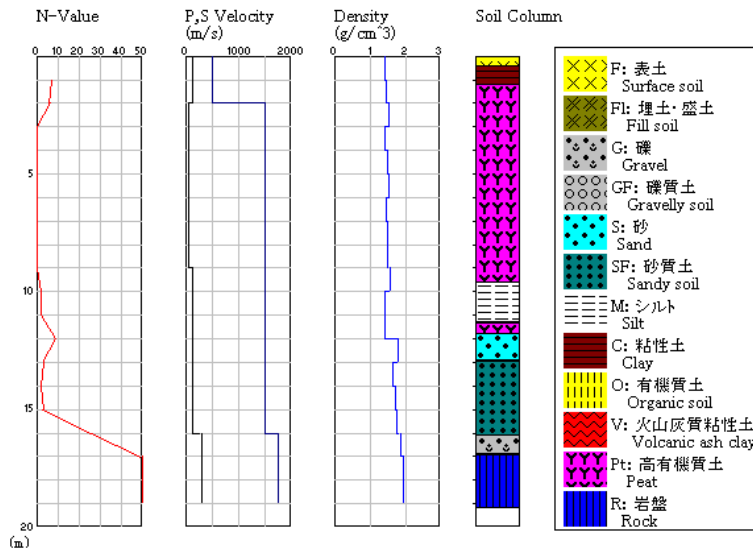


図-8.1(b) 穴水町周辺の地盤概要

(この地図は国土地理院発行の「1/10 万地殻変動土地条件図能登半島」の一部を使用したものである)



K-NET 観測点 (ISK005) の地盤情報

図-8.2 穴水地区における既往の地盤調査結果の例
(防災科学研究所 K-NET より)

8.6 調査結果

8.6.1 基礎の被害概要

地震発生から1年以上経過している段階であり、損傷が著しい建物では解体工事が進んでいるため、これらの建物では基礎の損傷状況はほとんど確認できなかったが、今回の調査では解体撤去された敷地またはその周辺で直接、地盤調査や土質試料の採取を行うことができた。

輪島市門前町道下など今回の調査地点の住宅は築数十年の古い木造住宅が多いため、その基礎形式は地盤面近くに土台を設置したもの（以下、土台基礎）やブロック基礎が多かった（写真-8.1、写真-8.2）。土台基礎等の住宅の床下には礎石・玉石・ブロックの上に設置した束等が認められた（写真-8.3）。現地ではひび割れ・欠損などが認められた基礎は、ブロック基礎や無筋コンクリートと考えられるものである。古い土台基礎の場合は、基礎のひび割れ・欠損などが確認できないので詳細は不明であるが、古い住宅の被害の多くは、写真-8.4に示すように土台から上の上部構造の変形・歪み等によるものであった。今回調査した範囲では、地盤面の状況などから見て基礎に過大な沈下が発生している状況は確認できなかった。

外見上は、建設年度や構造形式などから判断して無筋コンクリートと思われる基礎も多かったが、基礎に生じたひび割れの発生状況などから判断すると、地上に立ち上げたブロックや土台基礎の外周を改修工事の際にモルタル等で化粧したと考えられるものもあった。現地を確認した基礎の損傷状況のなかにも、写真-8.5の上段左のように木質の土台の外周をモルタル等で覆っているものも認められた。

建築物の地震被害のほとんどは、古い木造住宅に発生しており、鉄筋コンクリート造の基礎を有する住宅の被害は地盤面と土間との段差や基礎コンクリートの軽微なひび割れ・欠損、土間コンクリートのひび割れなどを除くと、今回調査した範囲では確認できなかった。無筋コンクリートの基礎の場合は、大きなひび割れや損傷がいくつか認められたが（写真-8.6）、鉄筋コンクリート造と思われる基礎のなかにもコーナー部でコンクリートの欠損が生じていた例があった。鉄筋コンクリート造の基礎であってもコーナー部の補強やかぶり厚などが十分でない損傷が生じるおそれがあることが新潟県

中越地震などの過去の地震被害でも認められている。耐震性に優れる木造基礎の仕様の合理化・高度化を図るには、基礎の損傷の状況とコーナー部及び開口部の配筋仕様等との関係を調べることも重要である。

また、被災地には古い土台基礎とブロック基礎の併用基礎の木造が大きく変形していた例が認められたが、増築部のブロック基礎が破壊していた（写真-8.7）。土台基礎などの古い住宅の増築に際しては、構造方法や基礎の接地面積が新旧でかなりことなる可能性があり、既存基礎と増築基礎で基礎部分の鉛直方向及び水平方向の剛性や接地面の地盤支持力がかなり異なることが考えられるので、増改築によって異種な基礎形式となる場合には十分な注意が必要と考えられる。そのほか、土台から上が地震被害のために解体・撤去され、無筋コンクリート造等の基礎が残されている場合もあったが、アンカーボルトがほとんど設置されていないものも認められた（写真-8.8）。

その他、2006年度に建設された現行規定を満足する鉄筋コンクリート造基礎を有する木造住宅も門前町道下地区で認められ、周辺の住宅も併せて配筋調査なども実施したが、基礎のひび割れなどの損傷は特に認められなかった（写真-8.9）。



写真 8.1 地上での立ち上がり部分がほとんどない古い土台基礎
(地表面付近に切石などを設け、地表面から数 cm ほど上部に木質土台を置く基礎形式)



写真-8.2 被災地に数多く認められたブロック基礎



写真-8.3 土台基礎やブロック基礎を用いた住宅の建物内部の束基礎



写真-8.4 土台から上部の建物被害
(土台から上部の建物の変形と外壁の破損)



写真-8.5 ブロック基礎の被害例
(ブロックや土台の外周をモルタル等で覆って無筋コンクリートと区別が難しい場合もある)



写真-8.6 コンクリート基礎の被害



写真-8.7 ブロック基礎による増築部の被害
(土台基礎の外周に設けたブロック基礎の増築部
ブロック基礎が破壊して外壁等が沈下し、上部構
造の変形を増大させたと考えられる例)

写真-8.8 アンカーボルトが乏しい基礎
無筋コンクリートの基礎



写真-8.9 鉄筋計による基礎コンクリートの配筋等の調査

8.6.2 宅地の被害概要

これまでに報告されている能登半島地震による地震調査結果などから判断すると、擁壁の被害や宅地の地すべりも過去の地震被害と同様に認められているが、建築物に大きな被害を発生した地点（門前町道下、穴水町）は概ね平坦地であり、今回調査した範囲では擁壁の崩壊や宅地地盤の地すべりにより建築物に著しい被害が発生したと考えられる事例は確認できなかった。

道下地区の市街地の中心は、ほぼ平坦であるが、中心市街地の北側の八ヶ川沿いは一段低くなっており、また南側の山地は一段高くなっているため、写真-8.10 に示した擁壁や斜面が高低差のある範囲で数多く認められるが、新潟県中越地震や福岡県西方地震で多数認められたような擁壁等の崩壊は、一部を除き、認められなかった。空石積みと思われる石積みも多数認められたが、全体的にみると被害は比較的軽微であると思われる。また、写真-8.11 は、門前町道下の山側の斜面で確認したL型擁壁（山側の水田と一段低くなった海側の水田を隔てる道路擁壁と考えられる）の被害例である。高さ1.5m程度の擁壁が50cm程度前面側に押し出されていた。なお、門前町道下では、上記のほか、国道から下段側の川沿いでブロック擁壁が大きく割り裂けている状況が確認できたが、断層の影響と考えられている（写真-8.12）。写真-8.13 には、土圧増加や沈下などによる壁体の損傷・傾斜、コーナー部のひび割れ、増し積まれたブロック壁の崩壊状況を示した。被害が生じた擁壁のなかには、写真-8.6 に示した住宅のブロック基礎と同様、ブロック等による壁材のモルタルやコンクリートで覆ったものもあった。現行規定を満足しない地盤や基礎周辺の等や基礎の沈下、壁体の破壊などが詳細に調査することが必要であり、合理的な補修・補強方法などの検討が今後重要である。

地すべりなどによる宅地被害についても、擁壁と同様、今回の地震による著しい被害例はほとんど報告されていないが、後述8.6.6節において、比較的規模が大きいと考えられる穴水周辺の山地で地すべり被害について報告する。



写真-8.10 道下地区の土留め・擁壁の状況



写真-8.11 L型コンクリート擁壁の被害例

壁高 1.5m 程度のL型コンクリート擁壁が最大 50cm 程度前面側に押し出された例
背面側に道路・水田があり、道路全体が大きく前面側に変形したと考えられる。



写真-8.12 ブロック積み擁壁の被害（門前道下地区）

局所的な隆起・沈降が認められ、断層の影響と考えられている



ブロック 2 段積み、擁壁の
下と傾斜、高さ約 1.5m

空石積み+表面コンクリー
ト、高さ約 2m

重力式（無筋、頂部は増積
み）、高さ約 2~3m

写真-8.13 コンクリート造擁壁の被害例（輪島市、志賀町）

地震時の土圧増加、沈下等による縦壁の損傷・傾斜やコーナー部の損傷、増し積み部の崩壊

8.6.3 門前町道下における調査結果

今回の地震で住宅等の建築物の被害が最も顕著だった輪島市門前町道下（震度VI強）では、表面波探査、スウェーデン式サウンディング、ラムサウンディング、微動アレイ探査、三成分常時微動測定などを実施した。図-8.3 に道下地区で実施した調査の種類と調査位置、調査範囲を、図-8.4 に表面波探査の測定原理を示す。表面波探査は、地表面をカケヤ（重さ約 10kg の木質ハンマー）で打撃することにより発生した表面波（レイリー波）を測定し、その分散特性から表層地盤（概ね地表面から深さ 10～20m まで）の S 波速度構造を求める調査手法である。調査地周囲のサウンディング試験との対比などを適切に行えば、広範囲地盤の二次元構造の推定に利用することができ、過去の地震災害の調査などでも実績がある。

写真-8.14 に、スウェーデン式サウンディングの調査地点で実施したハンドオーガーパーリングの実施状況を示す。ハンドオーガーは、地盤条件によって先端オーガの形状を選択し、オーガーロッドと回転ハンドルを接合してハンドルを回転させながら試料を採取する機構となっている。道下地区の中心地では、浅層部に密実な支持層となる砂層が堆積し、この密実な砂層は写真中のやや白っぽい（灰白色）砂である。地盤構成の変化等を把握するため、表面波探査の測線に沿ってレベル測定を実施した。図-8.5、図-8.6 には、レベル測定における測線と調査結果を示す。図-8.6 の結果から判断すると、八ヶ川に平行な中心地の道路沿いの約 500m の区間(A1-A4 間)に対して、地盤高は東側が約 7m 高くなっている。一方、この道路に直交する方向（B 測線）では、八ヶ川沿いの道と中心地まで約 2m の高低差、さらに中心地から南の山側まで約 3m の高低差があることがわかる。図-8.7 には、スウェーデン式サウンディングの結果を示しており、表層の埋土層の下層に強固な砂層が堆積していることがわかる。深度約 2～3m でスウェーデン式サウンディングのスクリーポイントが貫入不能となり、スウェーデン式サウンディングの結果としての土質定数 N_{sw} からの換算 N 値（稲田式を採用）から判断すると、表層地盤の密実な砂は概ね N 値 20～40 と思われる。図-8.8 には、ラムサウンディングの結果（調査地点は図-8.3 参照）を示す。GL-3～4m で N 値約 30 前後の層が出現し、その下層 GL-8m に N 値 50 前後の礫混じり砂、それ以深では $N=20$ 前後の層（貫入状況から判断すると概ね粘土質）が厚さ 10m ほど続いていた。なお、ラムサウンディングは、補足的な調査（6 月 11 日～13 日）^{【脚注】}の際に実施したものである。図-8.9、図-8.10 には、採取試料の粒度分布結果及びハンドオーガーパーリングの結果を示す。粒度分布の測定結果からみると、GL-1.1～1.5m 及び GL-1.8～2.0m の採取位置は異なるが、両者の粒度分布には差異がなく、細粒分（75 μ m 以下）がほとんどない粒径の揃ったきれいな砂（最大粒径は 1mm 程度、採取砂の粒径は 0.075mm～1mm に範囲にある）であることがわかる。ハンドオーガーパーリングの結果では、表層の茶褐色・暗褐色の埋土層の下に白灰色の砂層が存在しており、これが周辺の海浜砂に近いものと考えられる。表層水の地下水位に関しては、掘削孔や既存井戸による確認を行ったが、被災地周辺の平坦地では図-8.10 にも示しているように 1～2m 程度であった。なお、井戸による地下水位深さや掘削調査による地下水位観測の結果は前述の図-8.6 にまとめて示している。

図-8.11 に微動アレイ探査結果から得られた S 波速度構造を示す。微動アレイ探査は、地形的に比較的基盤が深いと考えられる道下地区の平野部中心の海岸よりで実施した。得られた S 波速度構造では、深度 18m 以浅では S 波速度は 200m/s 以下であり、S 波速度が 300m/s を超えるのは深度 30m 以深

^{【脚注】} 補足的な調査は、独立行政法人建築研究所の田村昌仁、平出務の 2 名（協力：Kosh Nath Adhikari、Yu Shizhou（独立行政法人建築研究所 IISEE 研修生）、米田誠、村岡正隆（日本木造住宅産業協会）、林宏一（応用地質株式会社））で実施した。

となっている。図-8.12、図-8.13に表面波探査結果を示す。門前の中心地において地下水位面以下と考えられる数m～10m程度の地盤のS波速度は低い場所で150m/s、全般に160～200m/sの締まった砂地盤であると考えられる。山沿いで実施したE測線の結果では、深度5m以深ではS波速度300m/s以上となっている。したがって道下地区では、概ね工学的基盤と考えられるS波速度300～400m/s以上の速度層は、南側の山沿いでは深度5mほどであるが、北から北西に向かって深くなり平野部中心の八ヶ川沿いでは深度30m以深になっていると推察される。以上の結果から判断すると、道下地区の市街地は、北から北西に向かって深くなる傾斜した基盤上に位置していると考えられる。なお、三成分常時微動測定によるH/Vスペクトルのピーク値はほぼ1秒であった。

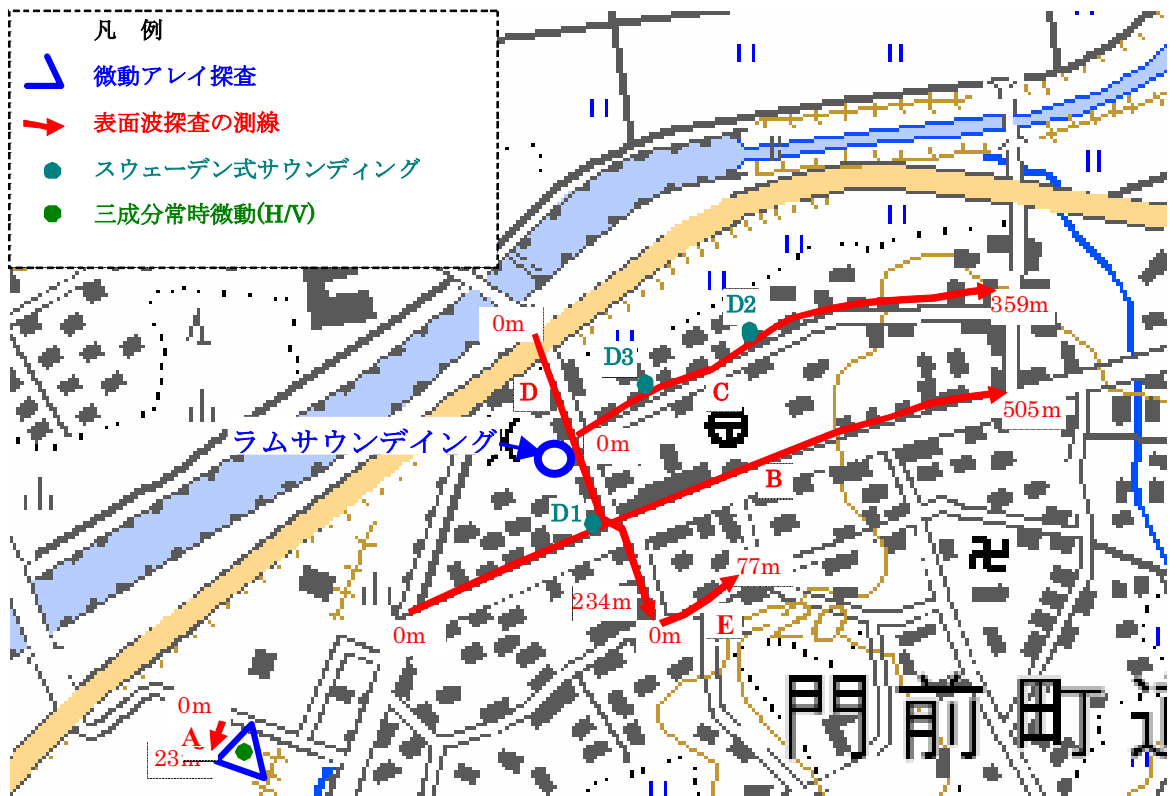


図-8.3 調査位置図（輪島市門前道下地区）

（この地図は国土地理院発行の「2万5千分の1地形図」の一部を使用したものである）



図-8.4 表面波探査の測定原理



写真-8.14 土質試料の採取（輪島市門前町道下地区）

左の茶白色の砂は支持層付近の密実な砂、中・右の茶色の砂は表層の埋土砂

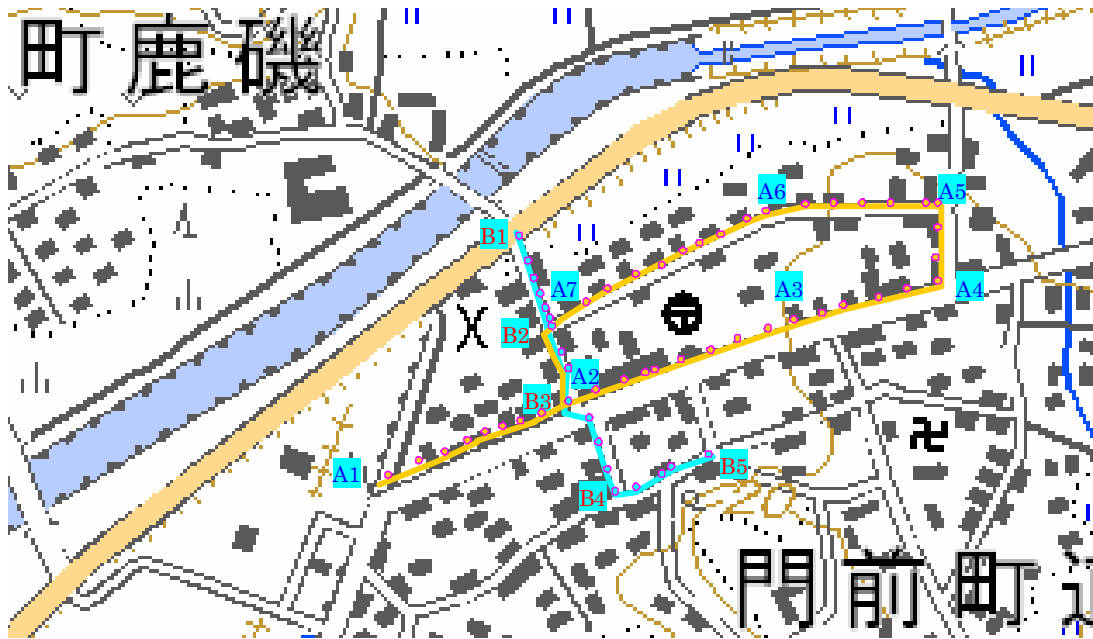


図-8.5 地盤高測定のためのレベル測定位置 (門前市道下地区)

(この地図は国土地理院発行の「2万5千分の1地形図」の一部を使用したものである)

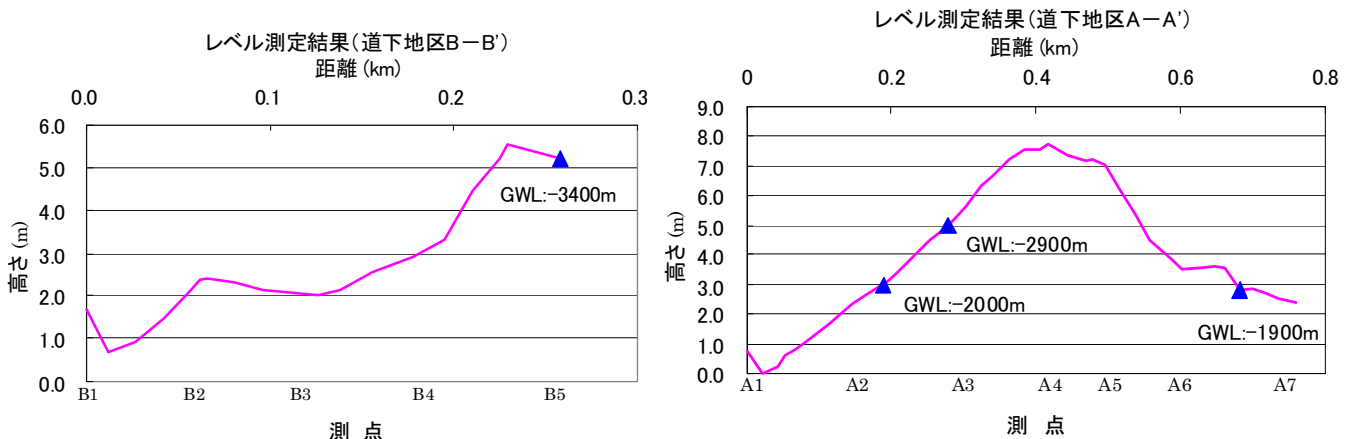
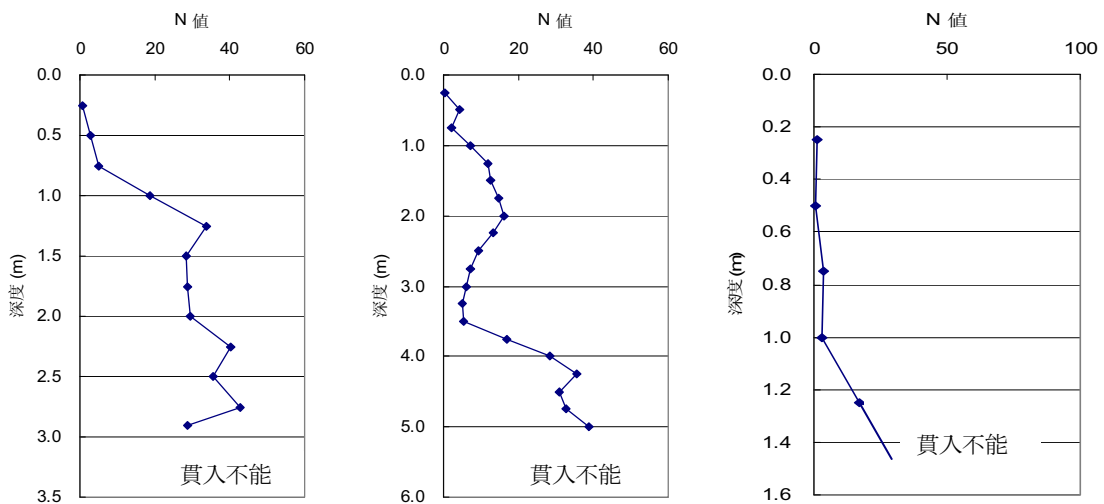


図-8.6 調査地のレベル測定結果 (門前市道下地区)



(a) 道下 D1

(b) 道下 D2

(c) 道下 D3

図-8.7 スウェーデン式サウンディングによる地盤調査結果

(門前道下地区、換算 N 値と深度の関係)

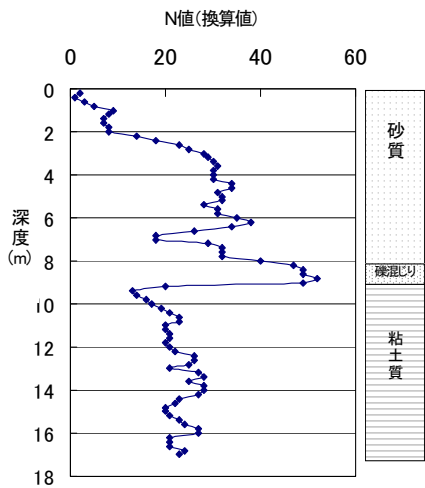


図-8.8 ラムサウンディングによる地盤結果 (門前市道下地区)

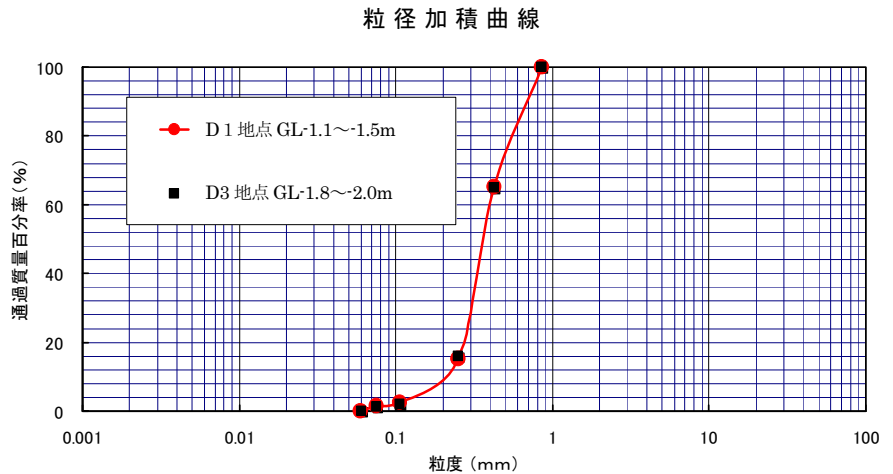


図-8.9 ハンドオーガーボーリングにより地中より採取した試料土の粒度分布 (輪島市門前道下地区)

標尺	深度	層厚	色調	土質名	観察	水位
	0.40	0.40	暗褐色	埋土(砂質土)	含水中位。 細砂主体。 木片混入。	▽ ≡
	1.10	0.70			含水中位。 細砂主体。 1.10m付近に地下水位確認。	
	1.50	1.10	白灰色	砂質土	1.10~1.50m付近において 粒度試験用の試料採取。	
	2.00	0.50				▽ ≡
	2.50	0.50			1.80~2.00m付近において 粒度試験用の試料採取。	

輪島市門前町道下 D1 地点

標尺	深度	層厚	色調	土質名	観察	水位
	0.30	0.30	暗褐色	埋土(砂質土)	含水小位。 細砂主体。	▽ ≡
	0.60	0.30	茶褐色	埋土(砂質土)	含水小位。 細砂(山砂)主体。	
	1.00	0.40	暗褐色	埋土(砂質土)	含水中位。 炭?混入。 細砂主体。	
	2.00	1.00	白灰色	砂質土	含水中位。 1.80m付近に地下水位確認。 1.80~2.00m付近において 粒度試験用の試料採取。	▽ ≡

輪島市門前町道下 D2 地点

図-8.10 ハンドオーガーボーリングによる土質調査結果 (門前地区)

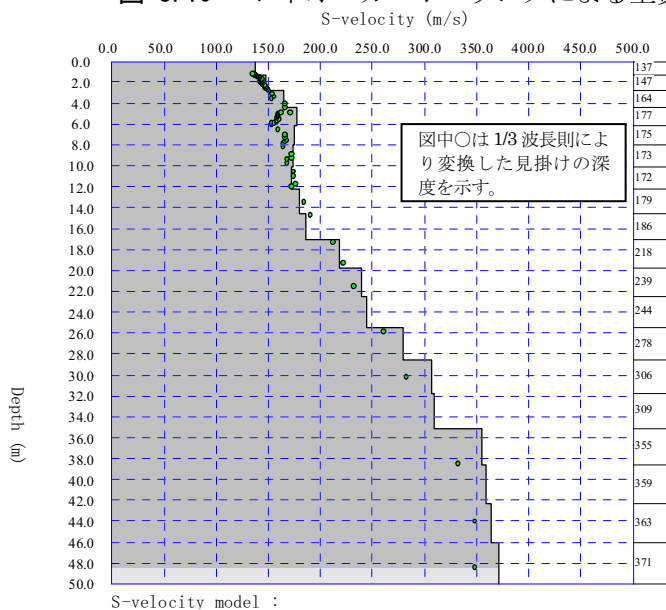
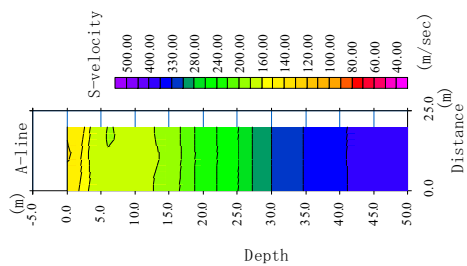
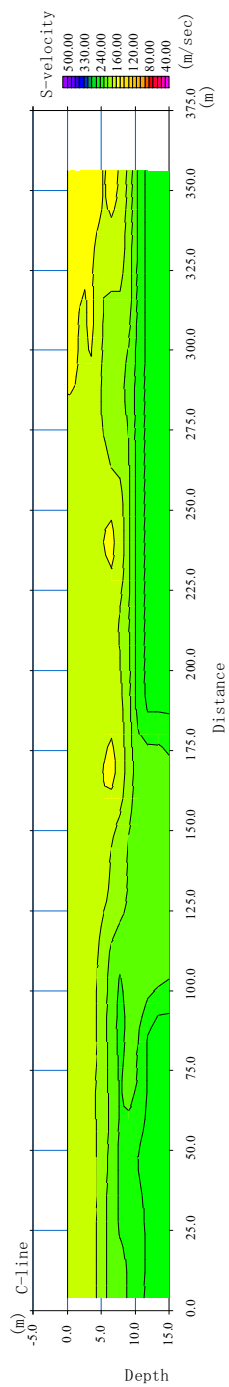


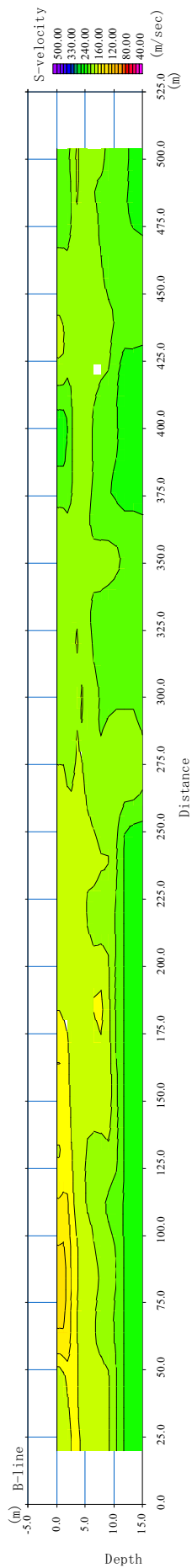
図-8.11 微動アレイ観測結果によるS波速度構造



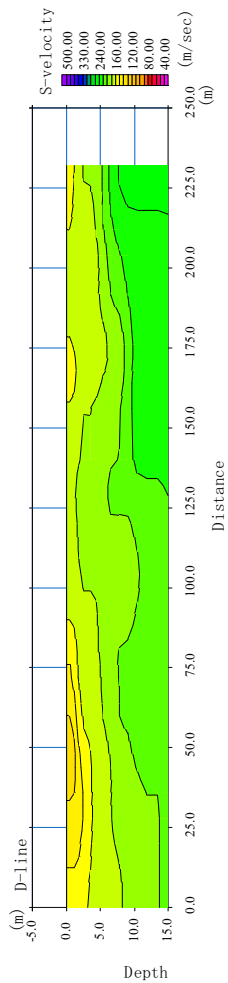
A 測線



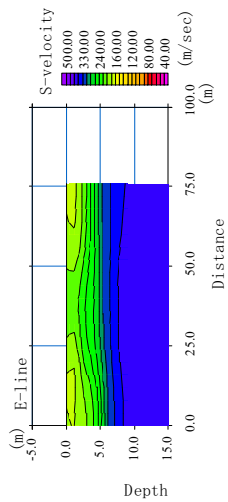
C 測線



B 測線



D 測線



E 測線

図-8.12 表面波探査結果 (輪島市門前道下地区)

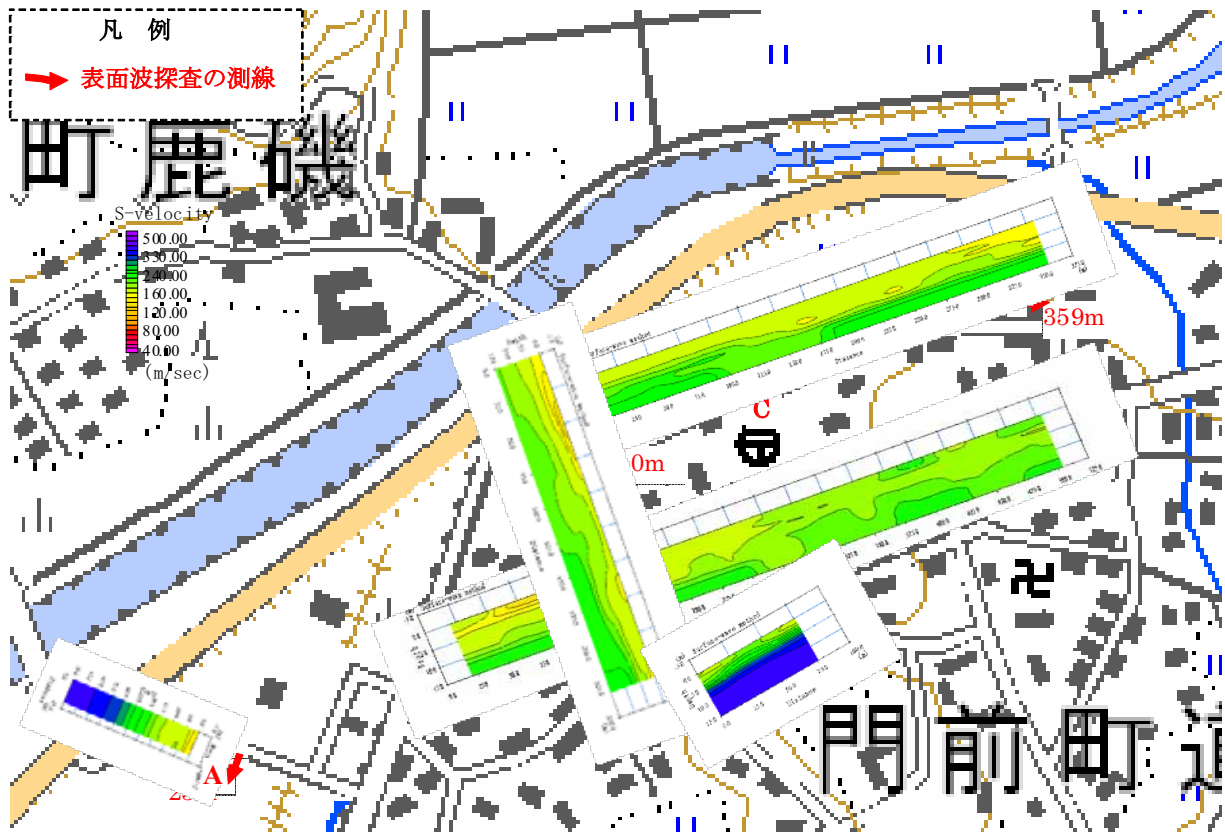


図-8.13 表面波探索結果と調査範囲

(この地図は国土地理院発行の「2万5千分の1地形図」の一部を使用したものである)

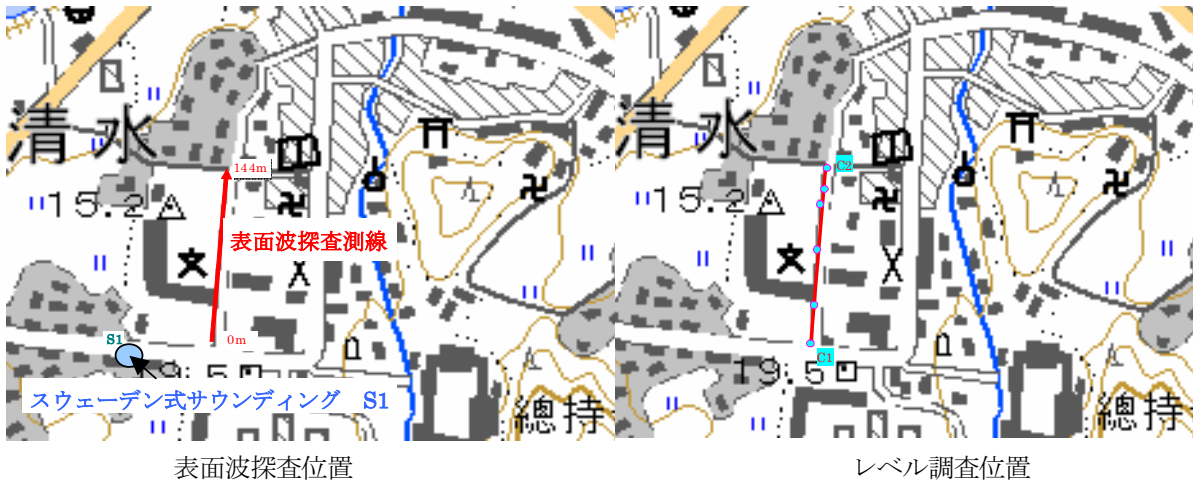


図-8.14 調査位置図（輪島市門前総持寺地区）

（この地図は国土地理院発行の「2万5千分の1地形図（門前）」の一部を使用したものである）

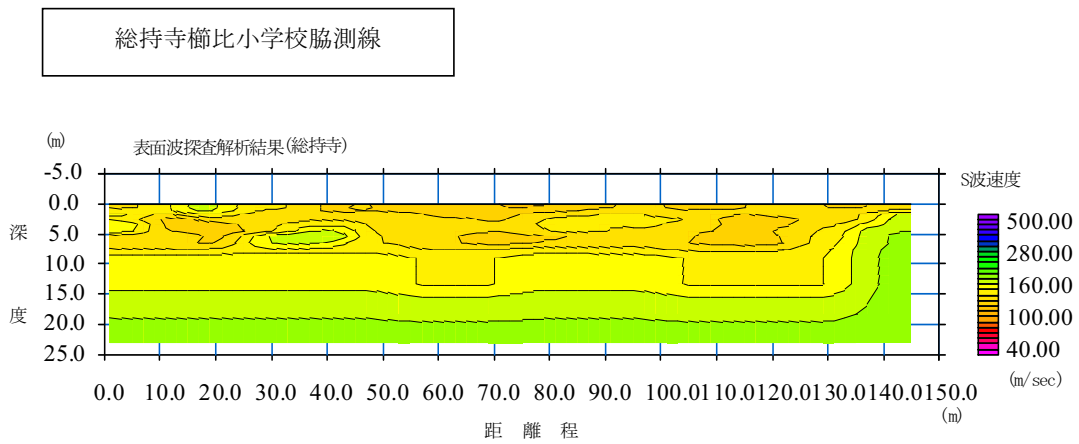


図-8.15 表面波探査結果（輪島市門前道下地区）

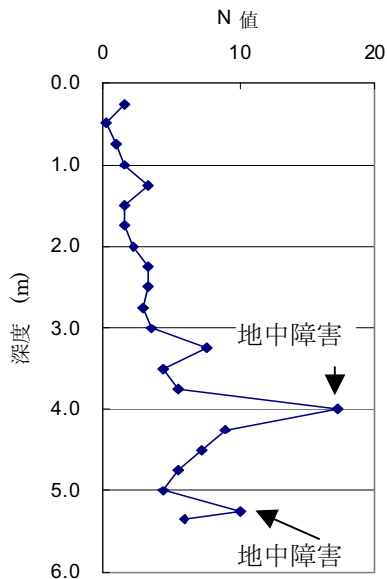


図-8.16 スウェーデン式サウンディングによる地盤調査結果
（門前総持寺区、換算 N 値と深度の関係）

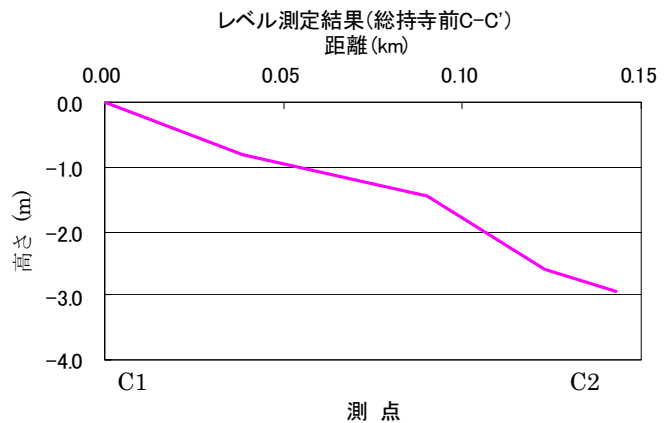


図-8.17 調査地のレベル測定結果（総持寺測線）

8.6.5 穴水町における調査結果

穴水町は、輪島市門前町道下と同様、震度VI強で被害が多かった地域であり、道下地区とほぼ同様の調査を実施した。

図-8.18 に穴水における調査の種類や調査位置を示す。K-NET の観測位置におけるボーリング調査（図-8.2）や周辺の地盤調査結果から判断すると住宅被害が多かった地点は、軟弱な粘性土や腐植土が厚く堆積している。

図-8.19 は、穴水町で実施したスウェーデン式サウンディングの結果である。A2 地点は、障害物のためGL. -6m付近で貫入不能となったが、他の3地点では表層地盤はかなり軟弱であること確認できた。A1 地点は、図-8.2 のK-NET の近傍であるが、図-8.2 と同様、約GL.-16m付近で支持層（基盤岩層）に到達し、A3 地点ではGL. -12m付近で支持層に到達していた。A4 地点は、住宅の被害が比較的少ないと考えられる地点であったが、強固な支持層は調査深度16mまで確認できなかった。なお、聞き取り調査において、A4 周辺（図-8.18 中の右側で赤く囲んだ地域）の木造住宅の中には、杭長22m～26mの杭を採用している例が確認されたことから、A4 周辺では軟弱層の厚さが20mを超える区域が広がっていると考えられる。

図-8.20 及び図-8.21 は、採取した試料土の粒度試験結果及びハンドオーガーパーリングの結果である。図-8.21 から表層には木片・腐植物などを含む粘土質の埋土と考えられる層が存在していると考えられる。また、図-8.21 に示した地下水位測定結果から地下水位は地表面から50cm～1mと非常に浅いことがわかる。

図-8.23、図-8.24 は、今回の調査範囲におけるレベル測定の結果である。地形図などから判断すると、穴水町は、幅約1km、長さ約2kmの平野部にあり、今回の調査範囲でも高低差は2m程度の平坦地であった。

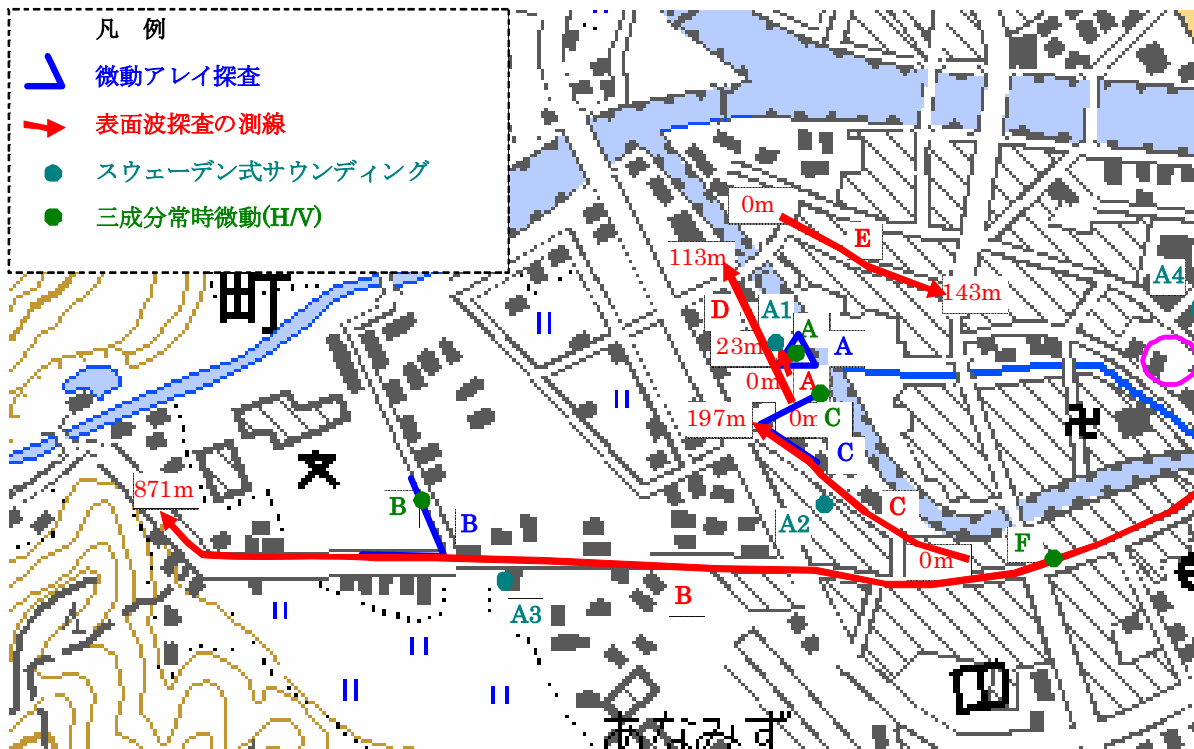


図-8.18 調査位置図（穴水町）

（この地図は国土地理院発行の「2万5千分の1地形図（穴水）」の一部を使用したものである）

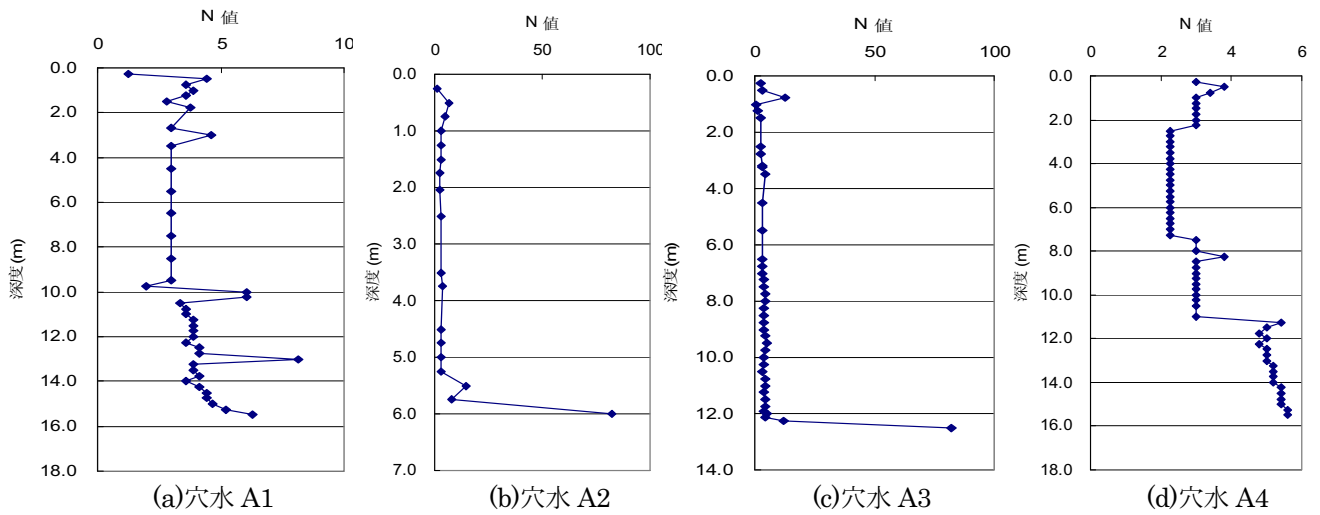


図-8.19 スウェーデン式サウンディングによる地盤調査結果
(穴水町、換算N値と深度の関係)

粒径加積曲線

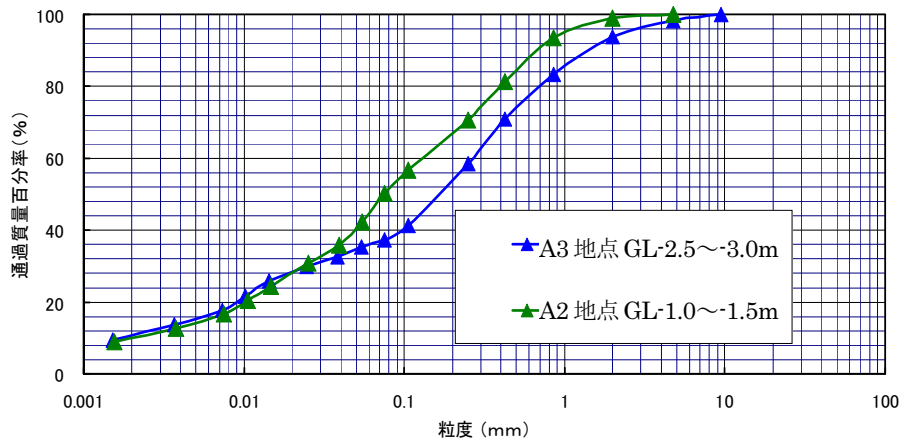


図-8.20 ハンドオーガーボーリングにより地中より採取した試料土の粒度分布 (穴水町)

標尺	深度 (m)	層厚 (m)	色調	土質名	観察	水位
1	0.40	0.40	暗褐色	壤土(粘性土)	含水中位、粘性中位。 植物根、木片等混入。 細砂混入。	▽
	0.70	0.30	灰茶褐色	壤土(砂質土)	含水大位、細砂主体。 0.65m付近に地下水位確認。 解体方大量混入。	
2	1.80	0.60	暗褐色	壤土(粘性土)	含水大位。 細砂混入。 腐植物・植物根混入。 2.00m付近より 細砂互層状に混入する。 木片混入。	▽
	2.90	0.30	暗褐色 ~ 黒褐色	壤土(砂質粘土)	2.90~3.00m付近において 粒度試験用の試料採取。	

穴水町 A3 地点

標尺	深度 (m)	層厚 (m)	色調	土質名	観察	水位
1	0.20	0.20	暗褐色	壤土(粘性土)	含水大位、粘性大位。 解体方混入。	▽
	0.90	0.70	灰褐色	壤土(砂質土)	0.35m付近に地下水位確認。 地下水、異臭あり。 含水大位、砂は細砂主体。	
2	1.20	0.30	暗青灰	壤土(粘性土)	含水大位、粘性大位。 腐植物・木片混入。	▽
	1.80	0.60	暗褐色	壤土(粘性土)	含水大位、細砂主体。 黒褐色の粘性土混入。 1.00~1.50m付近において 粒度試験用の試料採取。 腐植物・木片混入。	

穴水町 A2 地点

図-8.21 ハンドオーガーボーリングによる土質調査結果

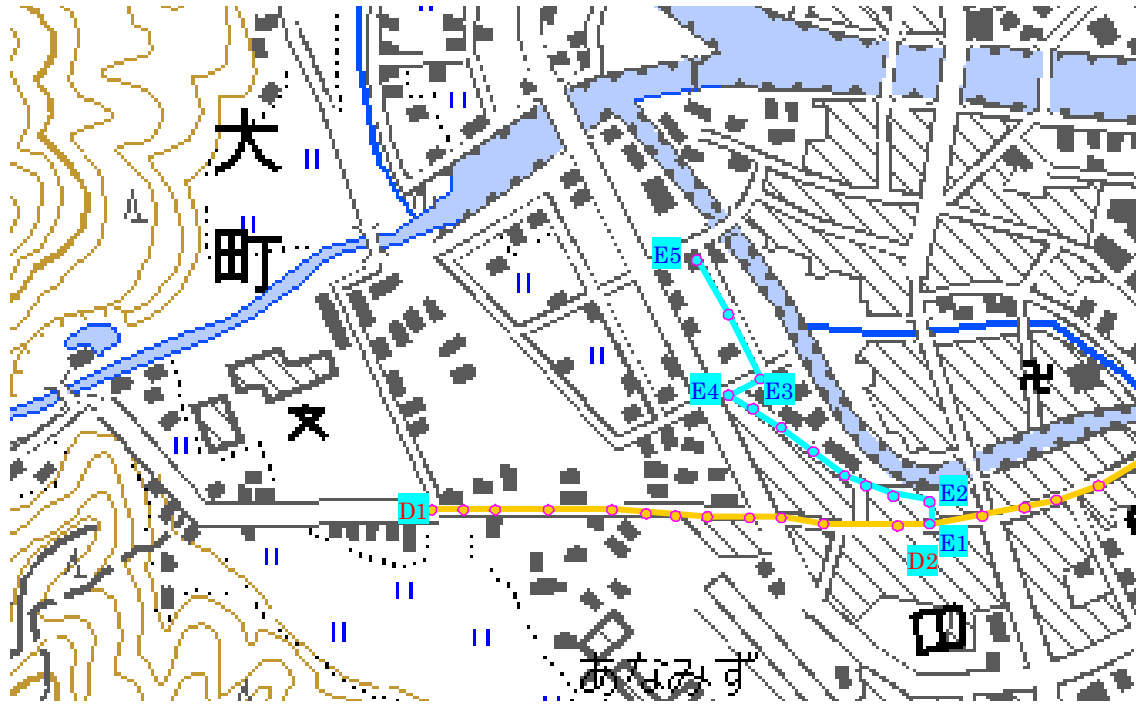


図-8.22 地盤高測定のためのレベル測定位置（穴水町）

（この地図は国土地理院発行の「2万5千分の1地形図（穴水）」の一部を使用したものである）

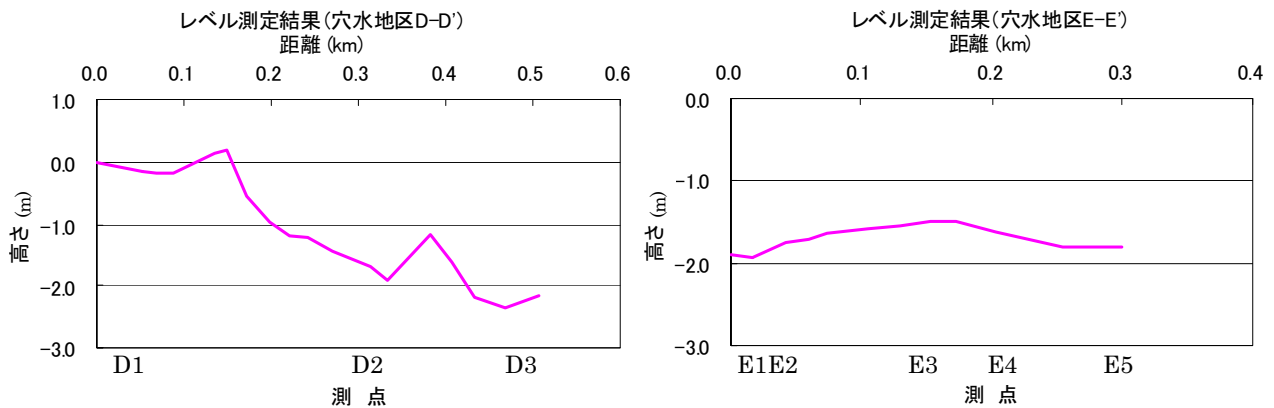


図-8.23 調査地のレベル測定結果（穴水町）

微動アレイ探査結果によるS波速度構造を図-8.24、図-8.25に示す。図-8.24はK-NET 穴水観測点の近傍で実施したものであるが、図-8.2に示したK-NET 観測点のPS 検層結果と同様、S波速度60m/s程度の層が深度10m程度まで存在していることがわかる。なお、図-8.26は、K-NET 観測点(ISK005)のPS 検層によるS波速度の実測値(防災科学技術研究所ホームページ)と今回実施した表面波探査によるS波速度を比較したものであり、深度15m程度まではほぼ同等であることがわかる。

図-8.27、図-8.28に表面波探査結果を示した。S波速度80m/s以下の極めて軟弱な層が10~20m程度の厚さで広範囲に分布していると思われる。これは、図-8.19のA1~A4地点のサウンディング結果とも対応している。ただし、調査地南東の市街地の中心部(B 測線75~200m付近(穴水町字大町ニ18番地付近)ではS波速度500m/s、K-NET 穴水観測点のすぐ南側(D 測線始点付近)ではS波速度300m/sを超える高速度層が深度2m前後から出現しており、基盤形状の不整形性が著しいと考えられる。

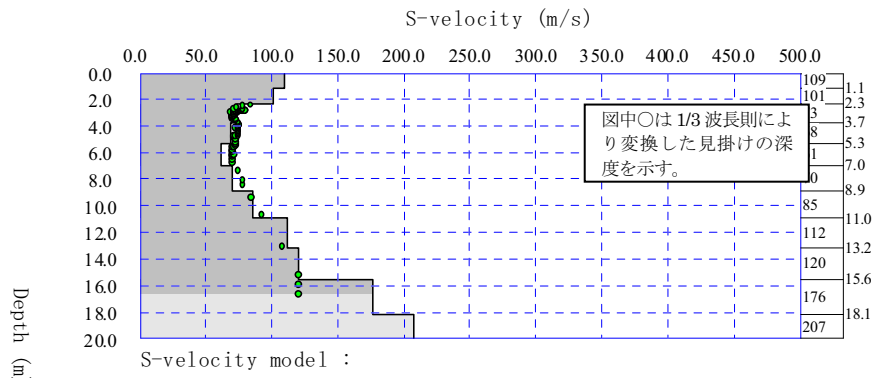


図-8.24 微動アレイ観測結果による S 波速度構造 (穴水町 A 地点)

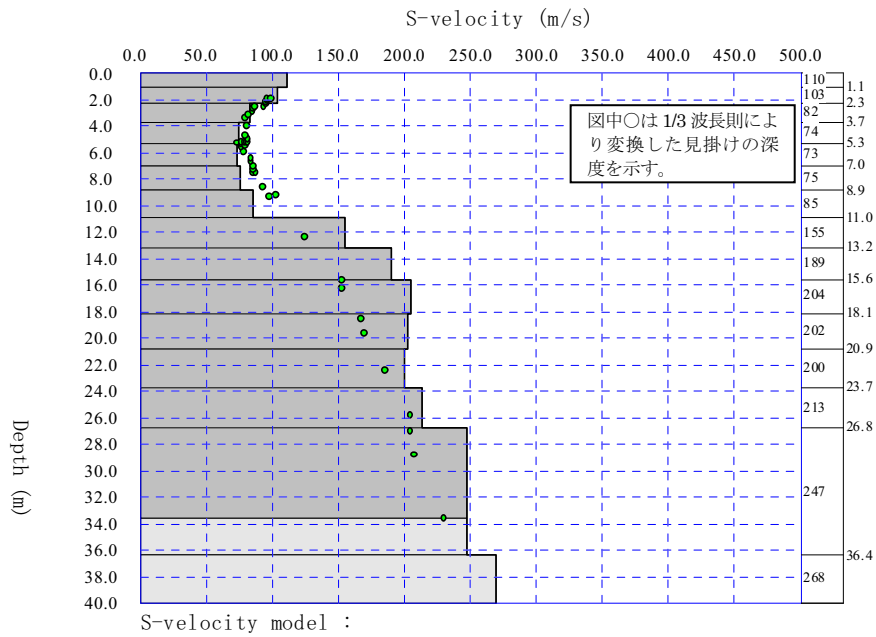


図-8.25 微動アレイ観測結果による S 波速度構造 (穴水町 B 地点)

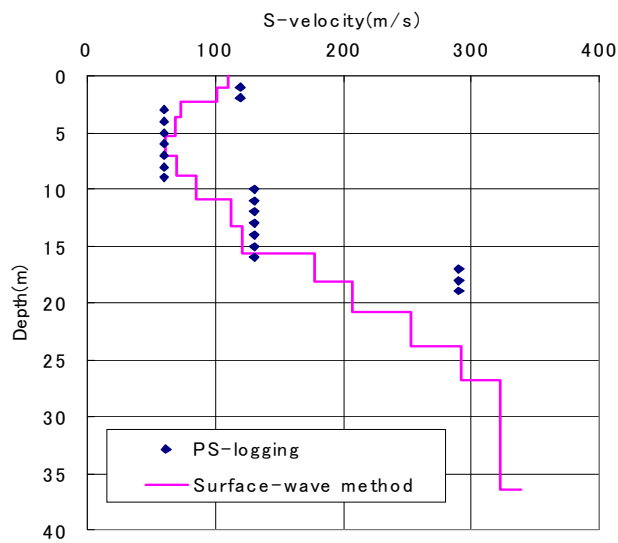
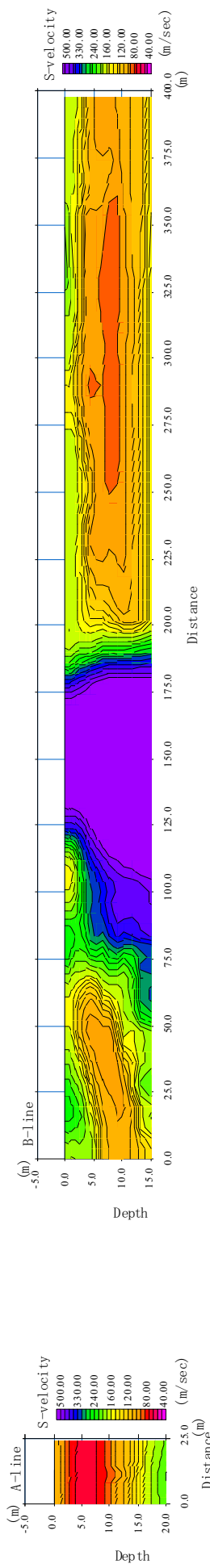
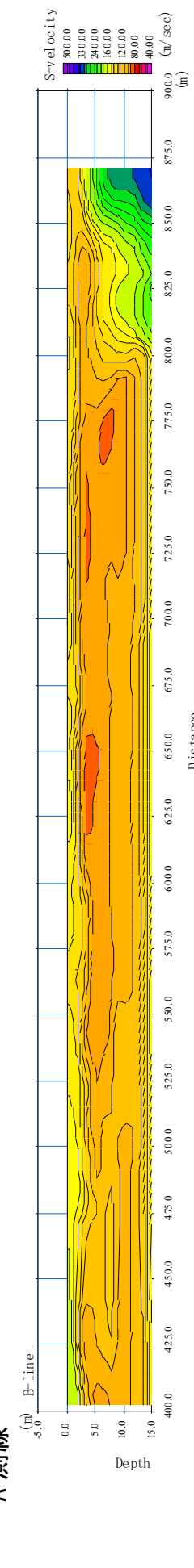


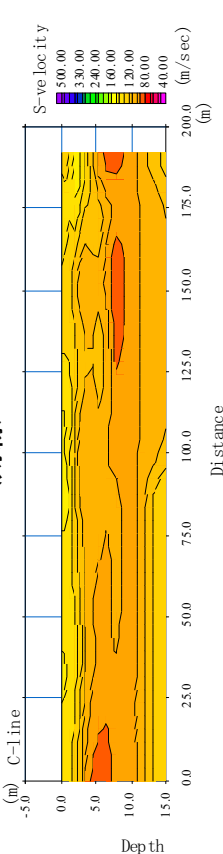
図-8.26 K-NET 観測点の S 波速度 (PS 検層) と表面波探査による S 波速度の関係 (PS 検層の値は、防災科学研究所ホームページによる)



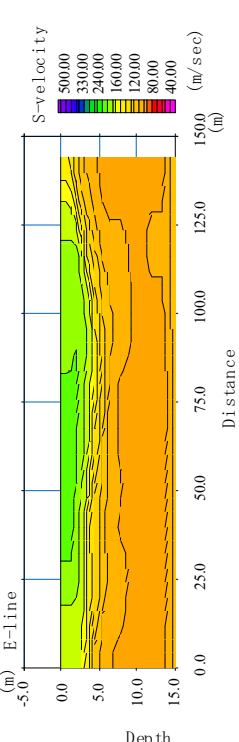
B 測線 (0~400m)



B 測線 (400~871m)



C 測線



E 測線

D 測線

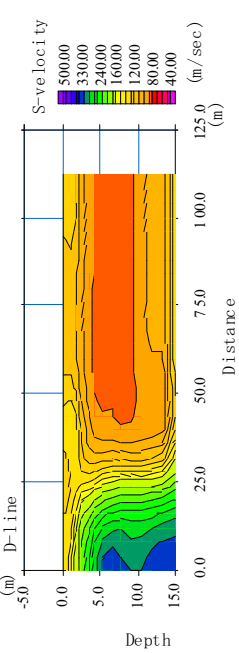


図-8.27 表面波探査結果 (穴水町)

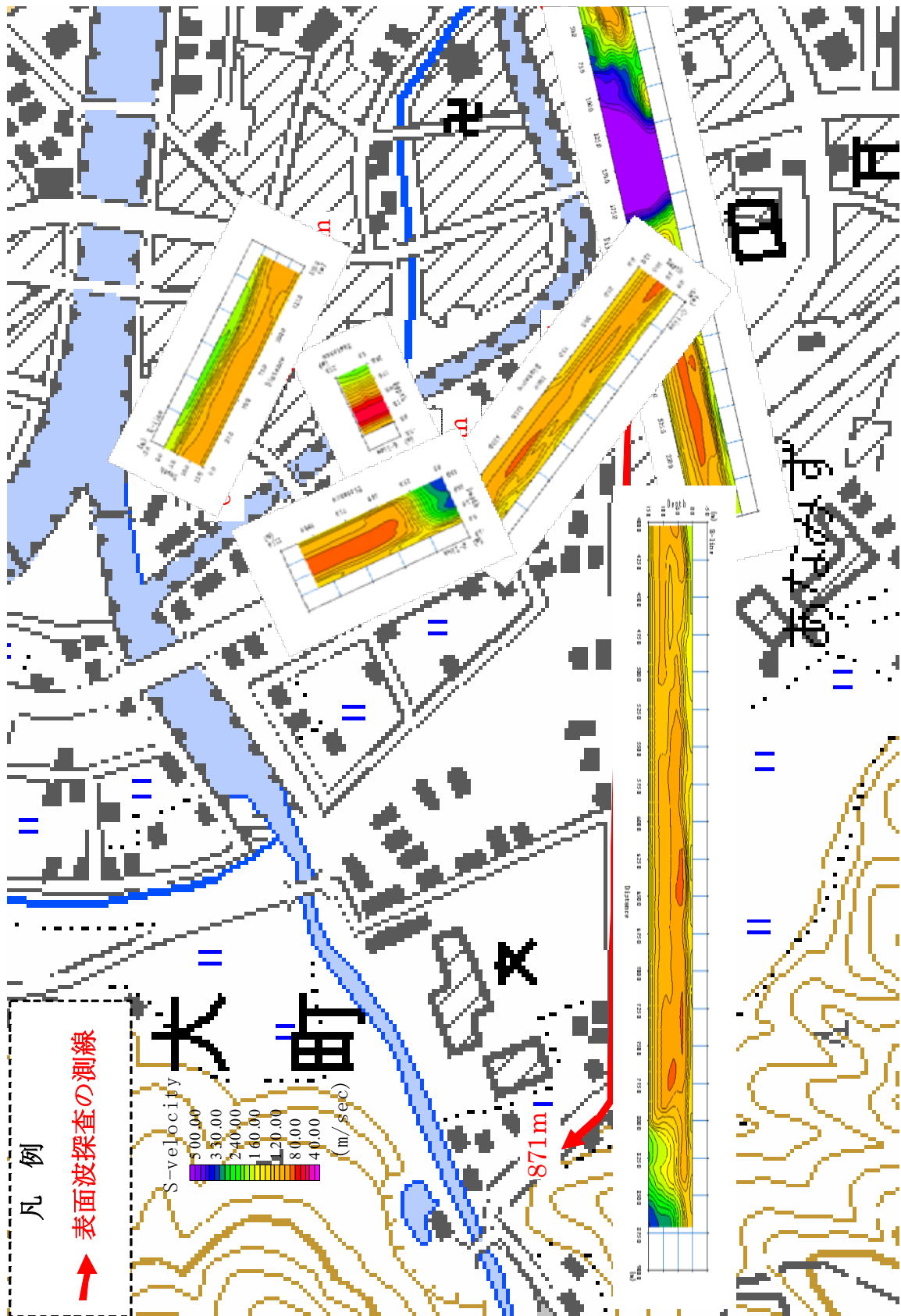


図-8.28 表面波探査の結果と調査範囲（穴水町）
 （この地図は国土地理院発行の「2万5千分の1地形図（穴水）」の一部を使用したものである）

図-8.29、図-8.30 は、K-NET 穴水観測点（D 測線に沿った公園内）が設置されている敷地で実施したラムサウンディングの結果である。長さ約 60m の公園の両端で強固な地層の出現深度が急変していた。観測点付近（図右端）では強度な層が GL. -17m 付近に出現していたが、左端では GL. -3~4m で強固な層が確認できた。なお、ラムサウンディングは、一次調査の結果に基づく補足的な調査（6 月 11 日～13 日）において実施したものである。

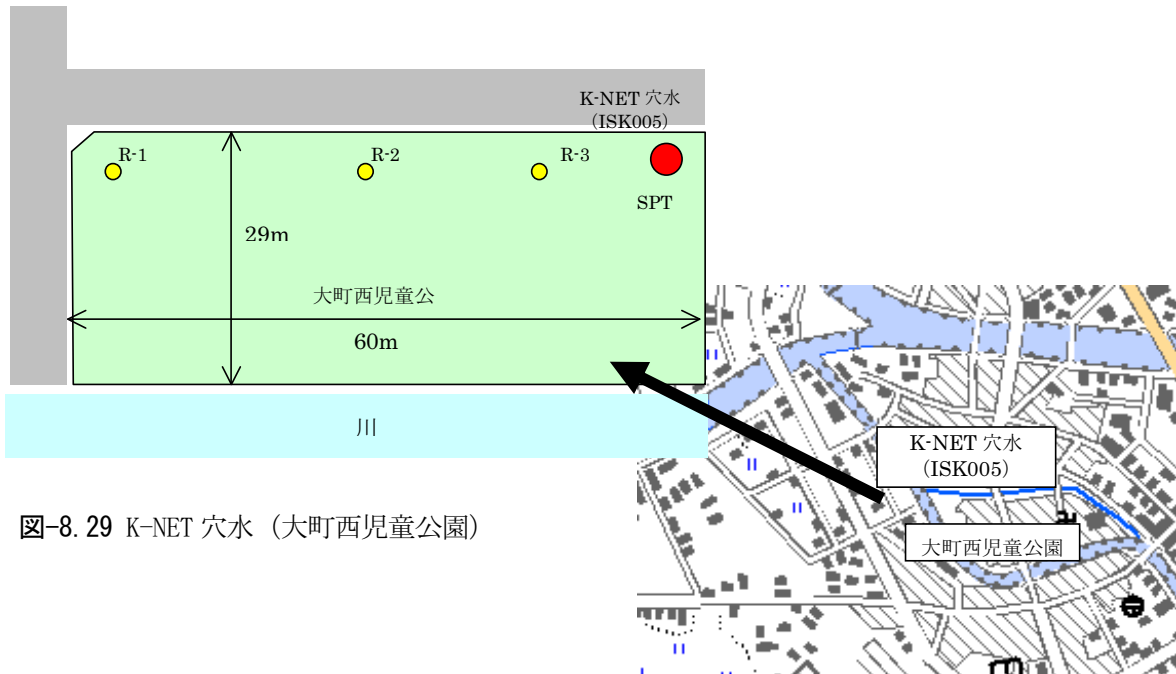


図-8.29 K-NET 穴水（大町西児童公園）

図-8.31 は、表面波探査結果から推定した S 波速度構造にラムサウンディング結果と K-NET 穴水のボーリング情報を付け加えたもので、S 波速度構造の変化が急であることがわかる。一般に地盤構造が複雑な場合、基盤深度が急変する場所の周囲で局所的に地震動が増幅する可能性があることが指摘されている。ここでは地盤の不整形性の地震動増幅に対する影響評価を目的に、地盤構成をモデル化して二次元の地震応答計算に実施した。図-32 の最上図は、B 測線や C 測線の表面波探査結果および K-NET 穴水の PS 検層結果を参考に作成した穴水町の模式的な地盤モデルである。断面の右側は基盤が浅い場所、断面の左側は基盤が深く軟弱な粘性土や腐植土が分布している地盤を示す。モデルの下面から平面 SH 波（中心周波数 1Hz のリッカーウェーブレット）を入力し、二次元的な SH 波の応答を計算した。なお計算は線形で行い、地盤の非線形性は考慮していない。計算結果を見ると、右側の基盤が浅い場所では基盤に入力した波に対する増幅率は 3 倍程度であるが、左側では約 6 倍となっており、軟弱な粘性土層や腐植土では応答が 2 倍程度大きくなることがわかる。さらに、断面中央付近の基盤深度の急変点では、9 倍近い増幅率となっており、基盤が浅い場所の 3 倍近い振幅となっている。したがって、穴水町ではこのような複雑な浅部地盤構造により地震動が大きくなった可能性が考えられる。また、K-NET 穴水観測点は基盤深度が急に深くなった地点に位置しており、この観測点で大きな地震動が観測された原因のひとつとして、複雑な浅部地盤構造の影響も考えられる。ちなみに、K-NET 穴水 (ISK005) での本震時の観測結果は、PGA903gal（最大加速度）、PGV103.7m/s（最大速度）となっている。

三分常時微動測定における H/V スペクトルの結果では、ピーク値（概ね地盤の卓越周期）は地点

とも概ね 1 秒前後であった。観測点 A, B は深度 10m 以上軟弱層が堆積している地点にあり、観測点 F は表層から良好な基盤岩層 ($V_s > 300\text{m/s}$) が存在すると思われる地点にあるが、H/V スペクトルには顕著な差は見られなかった。H/V スペクトルにおける 1 秒付近のピーク値は、深部地盤の構造の影響が支配的のため差異が少なかったと考えられるが、本調査地のように複雑な地盤構造の場所では、水平成層構造を仮定した H/V スペクトルの解釈に難しい部分があり、地盤構造の変化の影響を加味した調査・分析が重要と考えられる。

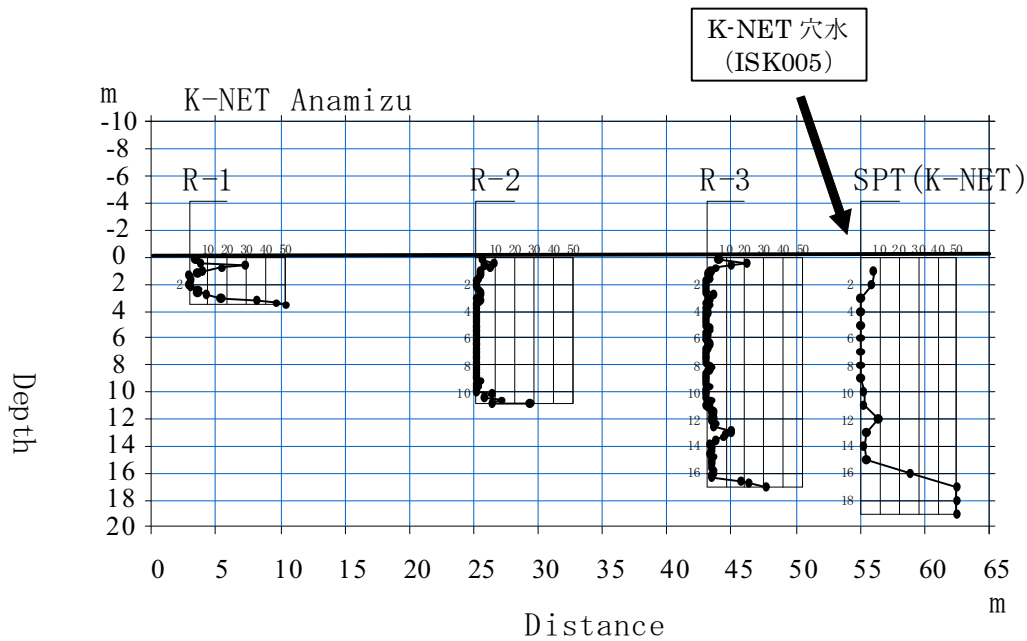


図-8.30 K-NET 穴水（大町西児童公園）におけるラムサウディング結果、
（K-NET 観測点の N 値および PS 検層は防災科学研究所ホームページより）

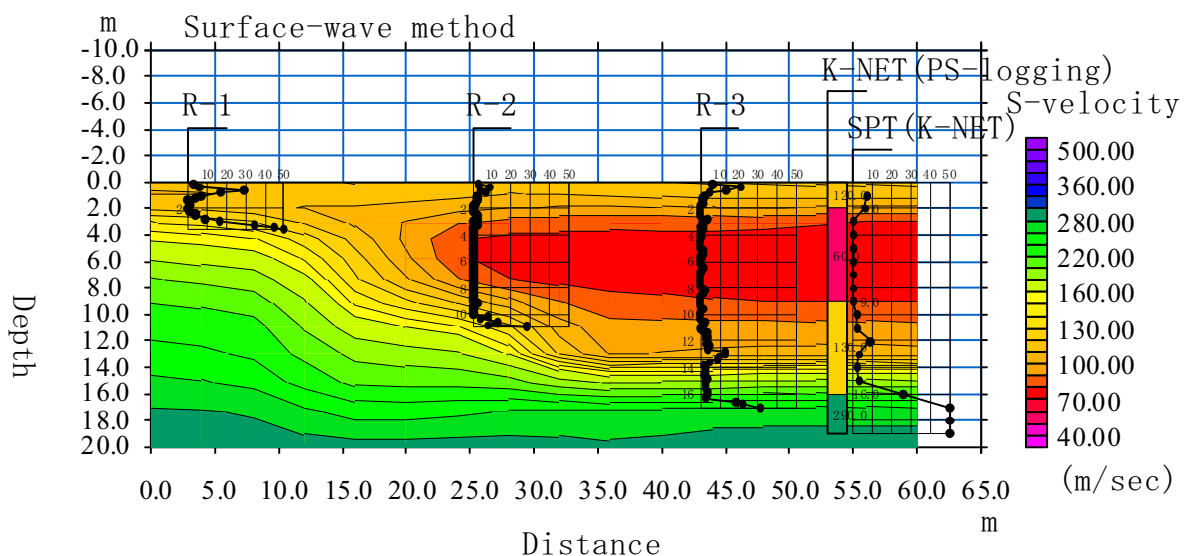
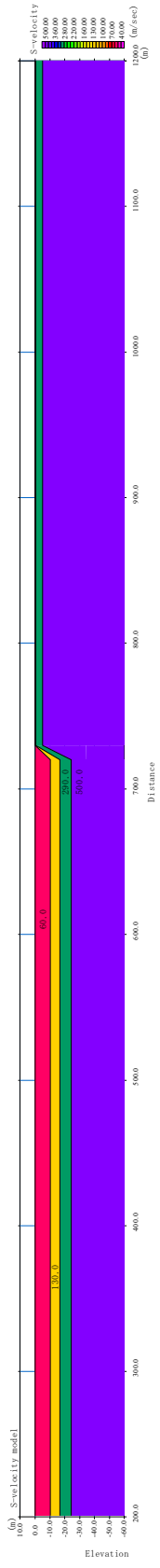
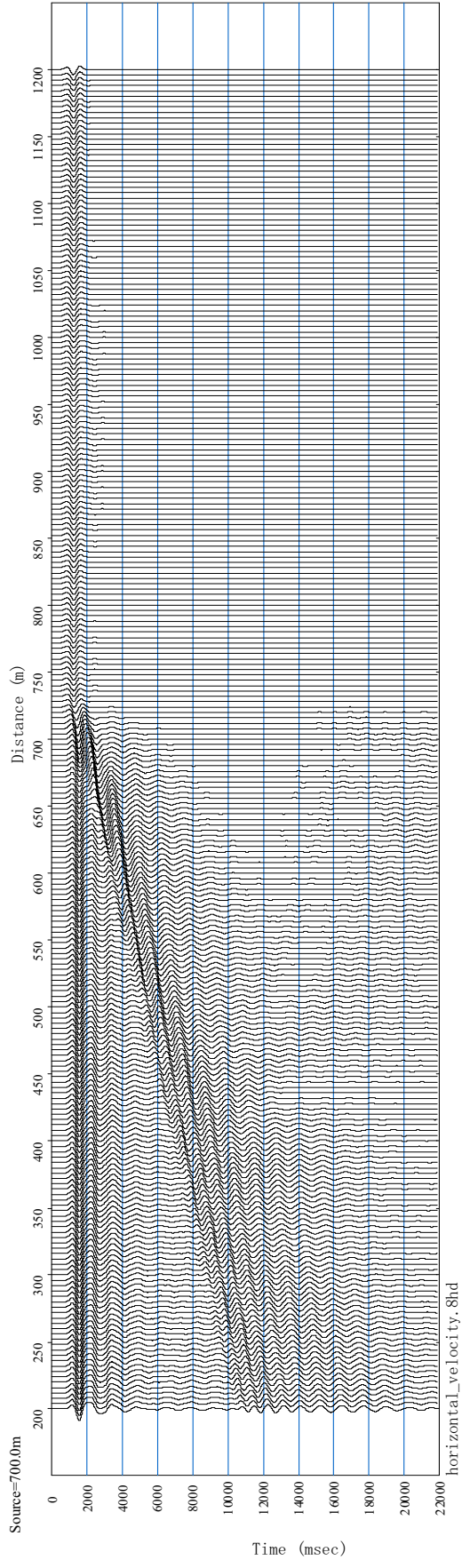


図-8.31 K-NET 穴水（大町西児童公園）近傍の推定 S 波速度構造。
（K-NET 観測点の N 値および PS 検層は防災科学研究所ホームページより）

モデル化したS波速度構造



平面SH波を入力した場合の地表面における波形



地表面における増幅率

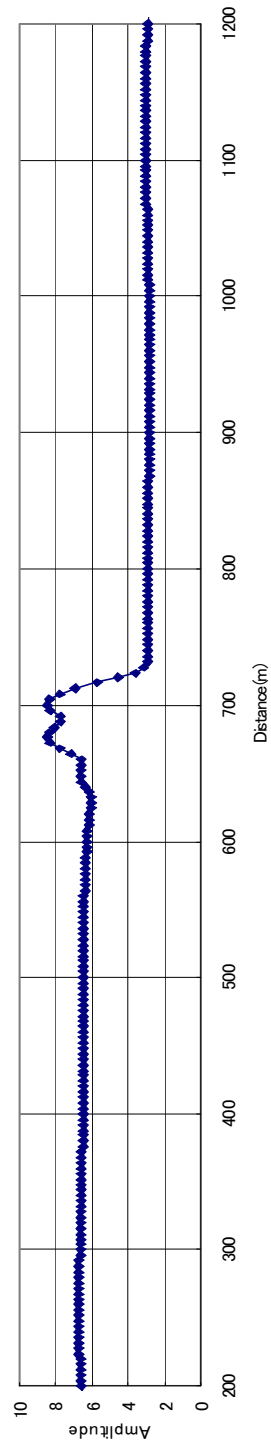


図-8.32 穴水の地盤を想定したモデルに対するSH波の増幅
(入力波は中心周波数1Hzのリックカーウェーブレット)

8.6.6 穴水町周辺における調査結果

能登半島地震により宅地擁壁や宅地地盤に過大な変形などによる被害事例がいくつか報告されているが、全体的にみると擁壁や宅盤の被害が少ない。ただし、造成地において盛土端部が斜面となるがけ面における地盤災害に関する報告例がいくつかなされている。ここでは造成盛土と考えられる地点で発生した宅地地盤の地すべり等による被害について述べる。

写真-8.15 は、穴水町から南約 5km にある山地のほぼ頂上に位置している造成地で発生した地すべりの先端斜面の状況である。聞き取り調査や地形などから判断すると谷を埋めて切盛造成した宅地であり、宅地造成は 1980 年代後半になされている。この造成地では、地震直後に谷埋めた盛土部分と考えられる範囲で円弧すべりと考えられる地盤災害が生じていた。



写真-8.15 崩壊した斜面の先端付近の状況

図-8.33 に、当該敷地周辺の状況と当該敷地で実施したスウェーデン式サウンディングと表面波探査の調査位置を示す。図-8.34 には、盛土端部の道路際から崖地で発生した地すべりの発生状況を示す。地すべりの規模は幅 20~30m、長さ 30~40m である。道路の外周に植えられた樹木の位置から判断すると、盛土端部は水平外側に約 6m、鉛直下方に約 2~3m 移動したと考えられる。図-8.35 に、スウェーデン式サウンディングによる地盤調査結果を示す。スウェーデン式サウンディングによる換算 N 値（稲田式による）は、深度約 7m ぐらいから急増して貫入不能となった。サウンディング時の状況から判断すると、表層から深度約 5m まで軟弱な埋土及び粘性土が堆積し、その下層に砂・礫が存在していると考えられる。また、深度約 7m 付近に貫入不能となる良好な層が堆積していることがわかる。

図-8.36 に、表面波探査結果から求められる表層地盤の S 波速度構造を示す。測線は、地すべりの方向とほぼ直交する測線①と道路から建物側に向かう測線②の 2 測線とした。測線①の表面波探査の結果から判断すると、崩壊した部分は $V_s=150\text{m/s}$ 前後の谷状の凹み部分の上部にある軟弱層が主体であり、この部分が自沈層を多く含む盛土層と考えられる。測線②の結果においても、崩壊した方向の延長線上の表層部分は測線①の凹みの上の部分とほぼ同等の S 波速度の値を示しており、この表層部も盛土に相当すると考えられる。盛土の厚さは、盛土端部において約 5m であるが、崩壊規模は道路面から直交方向に長さ（奥行き）30~40m 程度に達していることや地すべりの形態が円弧すべりに近く下方に落ち込んでいる状況を考えるとすべり面は極く表層部の自沈層だけでなく、盛土以深の砂・礫層等に達している可能性も考えられる。また、表面波探査の結果から強固な地層は、測線①で深度 15~20m 以深に存する $V_s>300\text{m/s}$ の基盤層（安山岩質凝灰岩など）であり、この上部の地層（ $V_s<\text{概ね } 200\text{m/s}$ ）で地すべりが発生したと考えられる。

図-8.37 には、当該敷地周辺における地形図の変遷を示した。1968 年と 2002 年の地形図から地すべりが生じた地点は谷を埋めた部分であることがわかる。図-8.38 は、地形図に示された等高線をデ

デジタル化して重ね合わせた敷地周辺の切盛図であるが、地すべりが発生した地点の周辺が厚く盛り立てた部分であることがわかる。地図の精度が十分でないので、盛土厚さや位置にかなりの誤差を含んでいると考えられるが、盛土厚が10mを超える範囲の近傍で崩壊が生じたと思われる。地すべりによる宅地地盤の被害の発生原因としては、造成地端部のがけ付近が特に脆弱であることがまずあげられるが、地すべり等の地盤災害のおそれや地盤災害の規模は、切盛造成の方法と密接に関わっていると考えられる。表面波探査でも盛土造成されたことが推定できる程度に盛土部分が周辺の地山等と区別でき、その盛土部分が自沈層を含む脆弱な谷埋め部分で、谷の傾斜が過大であれば、地盤災害が発生するおそれがある。地盤災害に関する精度のよい予測は、現時点でも困難であるが、新旧の地形図から切盛造成の範囲や谷埋盛土の規模や基盤層の傾斜角などの評価が可能となりつつあり、宅地地盤や擁壁の被害に関する詳細検討が今後重要と考えられる。

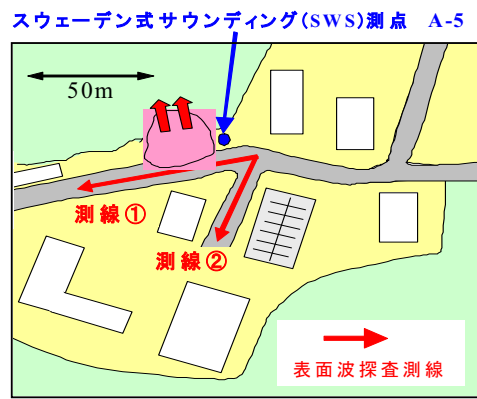


図-8.34 地すべりの範囲と地盤調査位置
(表面波探査2測線、スウェーデン式サウンディング地点)

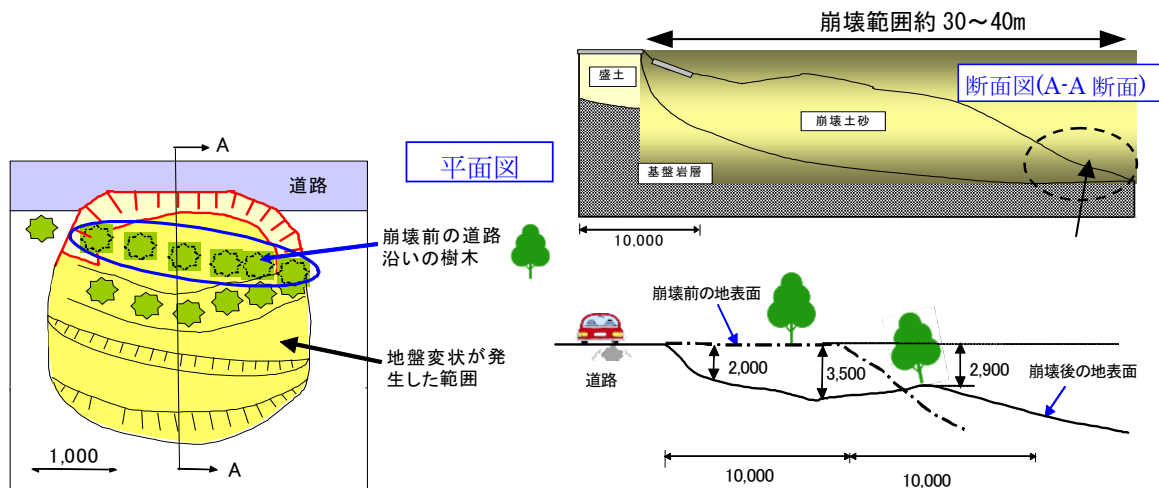


図-8.35 地すべり等による地盤崩壊の状況 (造成地における盛土端部)

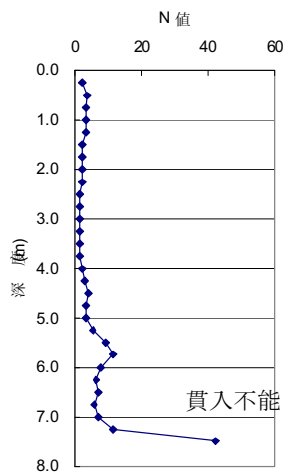


図-8.36 スウェーデン式サウンディングによる地盤調査結果
(穴水町周辺、換算 N 値と深度の関係)

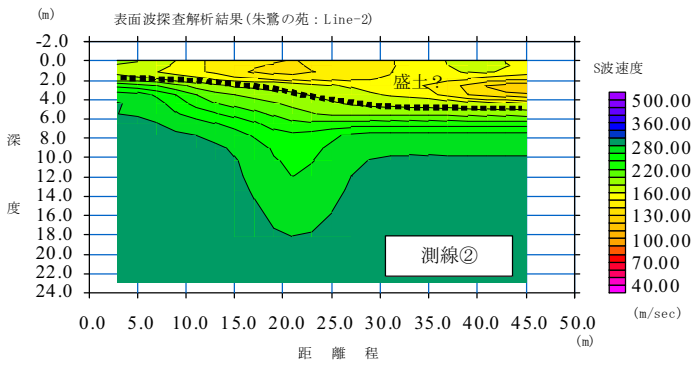
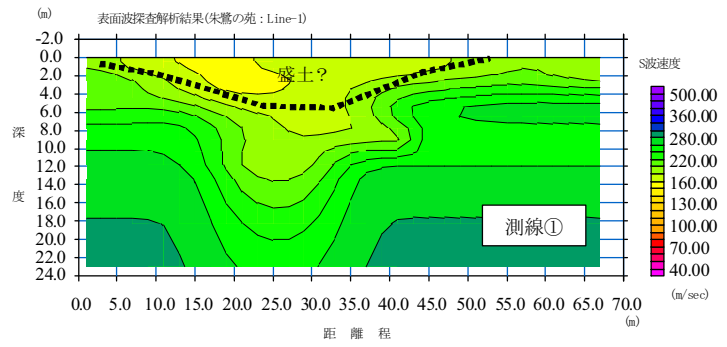
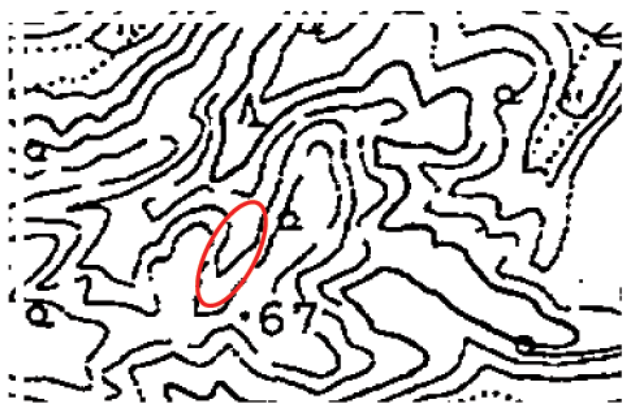
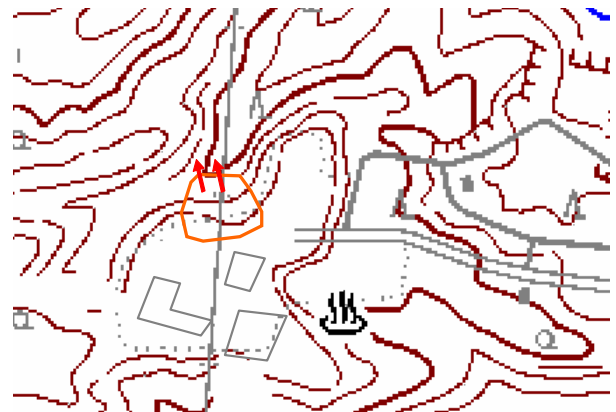


図-8.37 崩壊斜面付近での表面波探査の結果
(S 波速度構造図)



昭和43年地形図



平成14年地形図

図-8.38 新旧の地形図からみた土地の改変と切盛の関係
(地図：国土地理院の地図に加筆したものである。)

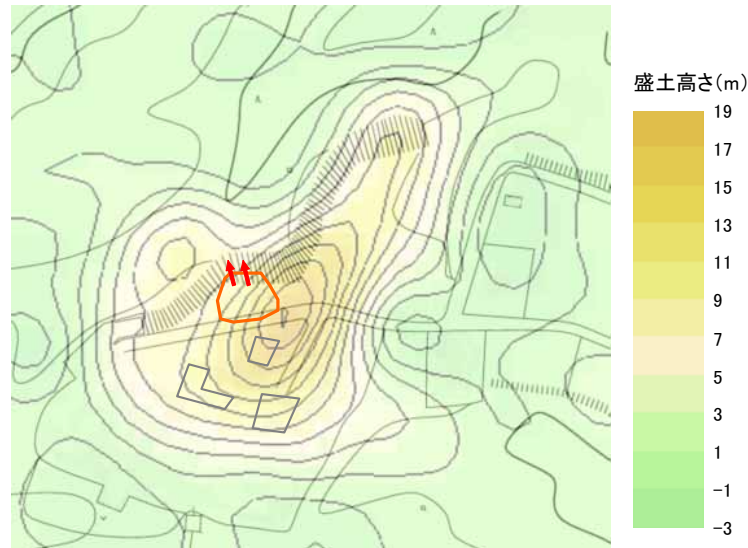


図-8.39 新旧の地形図からみた土地の改変と切盛の関係
(国土地理院発行の地図に基づき作成したものである)

8.7 まとめ

建築物の基礎・地盤の被害や地盤状況に関する調査結果のまとめを以下に示す。

- ①被害を受けた基礎のほとんどは、ブロックや無筋コンクリート造の基礎形式であり、鉄筋コンクリート造基礎の著しい被害は認められなかった。ブロックや無筋コンクリートの基礎の中には、基礎が大きく破断して上部構造の歪みを増大させたと考えられるものもあったが、基礎が大きく不同沈下した事例は認められなかった。
- ②擁壁の被害では、空積みなどのブロック等の表面をコンクリートで覆った擁壁に被害が生じていた事例もみられたが、全体的に被害は少なく、擁壁等の被害が原因で住宅の安全性が大きく損なわれている例は、今回調査した範囲では確認できなかった。
- ③輪島市門前道下中心地の地盤は、地表面から2～3m以深に強固な砂層が認められ、地下水位は地表面から概ね1m程度であった。中心地域の地盤のS波速度は、深度18m以浅では200m/s以下、深度30m以深では300m/sを超えると考えられる。一方、市街地南側の山沿いのS波速度は、深度5m以深で300m/s以上であった。
- ④穴水町中心部の地盤は、腐植土や木片などを含む粘性土・有機質土が厚く堆積し、地下水位はGL-1m前後と考えられる。表面波探査の結果から局所的に強固な地層（地表から約2m以深にS波速度が300m/s以上の基盤岩層）が地表面付近から存在している区域もある。K-NET 穴水観測点は、基盤深度が急に深くなった地点の近傍に位置していると考えられ、K-NET 穴水(ISK005)での本震時の観測結果は、観測点周辺で基盤層が急変していたため、地震動が増幅された可能性も考えられる。
- ⑤穴水町周辺の山地頂部付近の造成地では、幅30m×深さ5～10m程度の円弧すべりに近い地盤崩壊が長さ30～40mにわたって発生していた。新旧地形図の比較から判断すると、崩壊地点は谷を埋めた部分であり、がけ付近が軟弱な谷埋め盛土であったことが地すべりの原因と考えられる。また、崩壊地点付近の表面波探査の結果においても、谷状に凹んだ部分の上に軟弱層が存在していることが推定された。

なお、今回の調査地点は、震度6強で住宅等の被害が顕著であった門前町道下と穴水町を主対象としたため、著しい液状化が生じた地域での住宅被害と地盤条件の関係など、調査が十分でない部分も多く残されている。上述した穴水地区の地盤の不整形性や液状化被害、今回詳細に調査できなかった宅地及び擁壁の被害などについては、今後さらに調査する予定である。また、被災地の多くは、公開されている柱状図がほとんどなく、標準貫入試験などの地盤調査があまり実施されていない地域であるため、新たに地盤調査を実施して地盤条件と基礎・地盤の被害の関係を検討することが重要である。

【謝辞】

本調査における地盤調査は、敷地を所有する建築主の方々や関係機関（警察、市役所）のご協力により実現したものである。調査の実施に際しては、敷地基礎分科会・同作業WG関係者（耐震化率向上を目指した普及型耐震改修技術の開発, H18-20）の方々のご協力を得た。厚く感謝する次第である。また、国土地理院の地図閲覧サービスや防災科学研究所のK-NETによるデータを引用させていただいた。

9. まとめ

平成 19 年（2007 年）3 月 25 日 9 時 42 分頃発生した、能登半島地震における建築物の被害性状及び他機関の観測記録や建築研究所の余震観測による地震動の特徴や建築物の特性を把握する目的で、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所が連携し、平成 19 年 3 月 25 日から 5 月 4 日まで、石川県輪島市、七尾市、穴水町等において、被害調査を行った。

調査対象毎に下記に示すグループに分かれて、被害調査を行った。

- a) 初動調査：3 月 25 日～27 日
- b) 余震観測用の計器設置：3 月 28 日～29 日
- c) 非構造部材（1 次）：3 月 28 日～30 日、（2 次）：4 月 9 日～11 日
- d) 木造：3 月 29 日～4 月 2 日
- e) 鉄骨造：4 月 9 日～11 日
- f) 基礎・地盤：5 月 2 日～4 日

1) 被害概要

地震による建築物等の被害に関する概要は、以下のようにまとめられる。

- a) 石川県及び消防庁発表によると、平成 19 年 6 月現在、1 人の死者を含み、363 人の死傷が報告されている。死傷者のほとんどは、石川県内である。
- b) 避難者は、3 月 26 日にピークを迎え、5 月 3 日に全て避難所は閉鎖された。避難所数の合計は、47、避難者数の合計は 2,624 人であった。また 3 月 31 日に 9 世帯 13 人に対し、避難勧告が出された。
- c) 平成 19 年 6 月 27 日現在、石川県内の全壊、半壊一部損壊の住家及び非住家の被害数は、それぞれ 641、1,596、13,987 と 4,321 棟と報告されている
- d) 地震による火災発生に関する情報は報告されていない。
- e) 地震当日から 3 月 30 日までに、延べ 391 名の判定士を投入し、石川県内の 7,548 棟の応急危険度判定が実施された。調査棟数のうち 1,222 棟（約 16%）が危険判定、1,561 棟（約 21%）が要注意判定であったが、いずれも 95%以上が木造に対するものであった。

2) 地震及び地震動の特徴

能登半島の輪島市の日本海側を震源とする地震であり、マグニチュード 6.9、震源深さは約 11km と報告されている。また本震の発生機構は、横ずれを含む逆断層で、震源から北東方向に約 30 km ほど破壊が伝播したことが示されている。

気象庁による各地の震度は、七尾市田鶴浜町、輪島市鳳至町、輪島市門前町走出、穴水町大町で 6 強、輪島市河井町、志賀町、中能登町、能登町で 6 弱、七尾市、珠洲市で 5 強となっている。

強震記録が得られた震度 6 強の観測点は、気象庁の輪島市鳳至町(JMA 輪島))と K-NET 穴水町字大町(ISK005)の 2 地点であった。JMA 輪島における記録では、最大加速度こそ 500 cm/s²に満たないものの、速度応答スペクトルを見ると 1.7 秒から 1.8 秒の応答が 400 cm/s を超える。一方、JMA 輪島から東へ約 1 km 離れた K-NET 輪島でも記録（震度 6 弱）が得られており、その最大加速度は JMA 輪

島の記録と同程度であるが速度応答スペクトルは2秒で非常に大きくなる特徴が見られる。K-NET 輪島の観測地点は岩盤上にあり、JMA 輪島は表層地盤の影響を大きく受けているものと考えられる。

3) 建物における余震観測

地震発生の3日後の3月28日から輪島市役所及び輪島市門前支所を対象として余震観測を実施した。約1ヶ月の観測期間中に輪島市役所で9地震、門前支所で34地震の余震記録を得ることができた。

輪島市役所の1階の記録をJMA 輪島やK-NET 輪島の記録と比較したところ、輪島市役所の地震動には、1 Hz付近に表層地盤増幅に起因すると思われる特性が観察され、JMA 輪島における地震動の特性に近いことが明らかとなった。その原因は深さ30 m程度までの堆積層のあると考えられる。なお輪島市役所建物の固有1次振動数はX方向2.4 Hz、Y方向2.7 Hz程度である。門前支所の余震記録からは、建物3階で4 Hz強の振動の増幅が観察されたが、その挙動は複雑で、建物の振動特性の特定にはより詳細な検討が必要である。

余震記録はある程度収集できたので、今後地盤資料などの収集を行い、本震時の地震動の特性を推定する必要がある。

4) 木造建築物の被害

木造建築物の被害の調査、並びに観測された地震波による応答解析の結果をまとめると、以下のようになる。

- a) 木造建築物の被害は、土塗り壁などを有する比較的古い構法による木造家屋、店舗併用住宅、比較的簡素な作りの倉庫・納屋の類（土蔵を含む）に集中している。
- b) 被害が集中した地区は、輪島市の旧門前町地域で、特に道下地区、門前・館・走出地区の被害が大きく、かつ被災建築物の割合も高い。
- c) 輪島市（旧輪島市地域）の被害は、旧門前町地域よりも少なく、軽微であるが、鳳至地区、河井町地区には、選択的に倒壊した家屋や大破した家屋などが複数見られる。倒壊したものは、いずれも土塗り壁などを有する比較的古い構法による木造家屋、店舗併用住宅、比較的簡素な作りの倉庫・納屋の類である。
- d) 穴水町の被害は、その程度、割合共に輪島市より小さいが、のと鉄道穴水駅周辺の店舗併用住宅に被害が多く見られた。
- e) 七尾市の被害は、その程度、割合共に穴水町より小さい。
- f) 能登半島地震で大きな被害を受けた地区の木造建築物の多くは町屋建築で、その壁量は、中越地震等の被災地区と比べて少ない。
- g) 基準法、品確法に対する壁量充足率が約70%を超えていると、残留変形1/200 radを超えるような大きな被害が無かった。

5) 鉄骨造建築物の被害

鉄骨造建築物の被害については、以下のようによまとめられる。

- a) 学校体育館の構造的被害は新潟県中越地震に比べ少ない印象があった。地震の規模の違いもあるが、今回調査した地域では2階までRC造で屋根のみ鉄骨造となっている構造形式も多く、構造形式の違いが被害の差に現れた可能性も考えられる。

- b) 学校校舎については、新耐震以前のラーメン構造では地震時の変形が比較的大きくなり、間仕切り壁等の非構造材の被害に影響を与えたと考えられる被害が見られた。
- c) 店舗建築物では 2 階床が落下した被害例が見られ、被害原因の詳細は不明であるが、柱梁接合部の溶接が不十分であった可能性が考えられる。

6) 鉄筋コンクリート造建築物の被害

鉄筋コンクリート造建築物の被害は、極めて軽微であった。その原因として、建物周辺の地盤変状が原因で、建物と地盤の相互作用効果により、上部構造への地震入力がそれほど大きくなかったことが考えられる。

鉄筋コンクリート造の公共建物の多くが、耐震補強をすでに終えていたことも、被害が少なかった原因の一つと考えられる。その意味で、建物の耐震補強の効果が確かめられたとも言えよう。

なお、建築物の室内で家具が飛散する被害は発生している被害が見られ、例えば、輪島市門前総合支所では、明らかに災害対策業務への支障が発生していた。こうした早期の機能回復が図れるような建物の機能維持を考慮した耐震性能の確保がますます重要になると思われる。

7) 非構造部材の被害

非構造部材の調査は、主に公共体育館の天井被害について行った。天井被害の被害については、以下のようにまとめられる。

バー材や柱に天井パネルをはめ込む形式の天井の被害が多く見られた。この形式の天井パネルには、比重の比較的小さいものと比較的大きいものがあり、比較的比重の大きい天井材が高所より落下した場合には大きな被害にもつながりかねない。最近の地震被害では軽量鋼製下地材にせっこうボードなどをビスでとめ付けるような形式の天井の被害が主に取り上げられてきた。今回の地震被害調査で脱落被害が確認された天井は、これまでの地震被害報告で主に取り上げられてきた天井とは違う工法によるものが多くあり、これらの天井についても今後新たな検討を加える必要がある。

8) 宅地地盤・基礎の被害

建築物の基礎・地盤の被害や地盤状況に関する調査結果のまとめると、以下のようになる。

i) 基礎の特徴と被害

- a) 輪島市門前道下では、一般的な鉄筋コンクリート造の基礎を有する木造住宅は少なく、ブロックや無筋コンクリート、土台基礎が数多く認められる。外観上はコンクリート造のようにであっても、ブロック基礎の表面をモルタル等で覆った基礎も見受けられた。
- b) 被害を受けた基礎のほとんどは、ブロックや無筋コンクリート造の基礎形式であり、鉄筋コンクリート造基礎には著しい被害は認められなかった。ブロックや無筋コンクリートの基礎の中には、基礎が大きく破断して上部構造の被害を増大させたと考えられるものもあった。しかし、基礎が大きく不同沈下した事例は認められなかった。

ii) 宅地擁壁・宅地地盤の被害

- a) 空積みなどのブロック等の表面をコンクリートで覆った擁壁に被害が見られた。しかし、全体的に見ると擁壁等の被害は少なく、擁壁等の被害が原因で住宅の安全性が大きく損なわれている例は確認できなかった。
- b) 住宅の被害が著しい道下地区の中心地における擁壁のなかには、過去の地震災害で大きな被害が

見られた 2m 超の空石積みなどの擁壁が存在するが、その構造的な被害は少なかった。空積み擁壁に関しては、背面地盤の特性と擁壁構造係などが被害と関係しており、被害は少なかった原因については、擁壁構造と背面地盤条件等の詳細な調査も必要となる。

iii) 地盤調査結果

- a) 輪島市門前道下地区の中心地では、地表面から 2~3m 以深で強固な砂層が認められ、その砂層は灰白色の海浜砂であり、細粒分がほとんどなく、最大粒径は約 1mm で粒度が揃ったきれいな砂であった。
- b) 輪島市門前道下地区における微動アレイ観測結果から、工学的基盤 (S 波速度 300~400m/s 以上の層) と考えられる地盤層が現れる深さは、道下地区の南側の山沿いで約 5m であり、北から北西に向かって深くなり、平野部中心の八ヶ川沿いでは 30m 程度になっている。これらの結果から判断すると、道下地区の集落は、このように北から北西に向かって深くなる傾斜した基盤上に位置していると考えられる。
- c) 穴水町の中心部では、地表面から腐植土や木片などを含む粘性土・有機質土が厚く堆積し、地下水位は GL-1m 前後と考えられる。聞き取り調査の結果等も考慮すると、軟弱層厚 10~20m の範囲が広がり、場所によって 20m を超える場所もあると考えられる。一方表面波探査結果などから、局所的に強固な地層 (地表から約 2m 以深に $V_s > 300\text{m/s}$ の基盤岩層) が存在している地区もあると考えられる。
- d) K-NET 穴水観測点 (ISK005) での本震では最大加速度は 903cm/s^2 、最大速度は 103.7m/s と大きな値が観測されている。また比較的長周期の成分が優勢であり、NS 成分で 1 秒程度、EW 成分で 1 秒から 2 秒で応答大きくなる特徴を有する。表面波探査の結果から、ISK005 観測点では基盤深度が急に深くなっており、観測地点の表層付近の地盤は軟らかいピート層が堆積していることが明らかとなった。本観測点から少し離れると基盤の深さが浅くなり、狭い範囲で基盤層が急変していることが確認され、今後、穴水地区の基盤の不整形性などについて詳細調査が必要であると考えられる。
- e) 門前道下地区及び穴水における三成分常時微動測定において、H/V スペクトルのピーク値を与える周期 (卓越周期と考えられる) はいずれもほぼ 1 秒程度であり、これまで報告と同様な結果が得られた。
- f) 穴水周辺の山地頂部付近の造成地では、幅 30m×深さ 5~10m 程度の円弧すべりに近い地盤崩壊が長さ 30~40m にわたって発生していた。GL. -5m までの表層付近では、2~3m の軟弱層が含まれており、主としてこれらの軟弱層の部分で地すべりが発生したものと考えられる。崩壊部分は谷を埋めた部分であり、がけ付近が軟弱な谷埋め盛土であったことが地すべりの原因と考えられる。2004 年新潟県中越地震を契機として、造成盛土の耐震性能評価技術の重要性が認識され、技術開発が進められている。盛土造成地の被害事例を詳細に分析することが敷地の地震防災を考えるうえで今後重要と考えられる。

謝辞

本調査の実施にあたっては、多くの方々のご協力、ご支援をいただいた。ここに改めて感謝申し上げます。