

10. 建築物

10.1 概要

建築物を中心とした被害から今後の地震対策に生かすべき教訓を得るべく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が連携して、石川県輪島市、七尾市、穴水町などにおいて、建築物の余震観測の他、木造建築物、鉄骨造建築物、鉄筋コンクリート造建築物、非構造部材、及び宅地地盤・基礎の各被害調査を、地震発生当日（平成19年3月25日）から5月4日までの間、延べ52名の職員を順次現地に派遣して、実施した¹⁾。

本章では、上記被害調査の報告¹⁾より、被害一般、地震及び地震動の特徴（主に、余震観測）、木造建築物の被害、非構造部材の被害、及び宅地地盤・基礎の被害、の概要を報告する。

10.2 被害一般

10.2.1 各種災害対策法令等の適用

(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) 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。

(3) 激甚災害の指定

平成19年4月20日付けで、平成19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⁾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。

10.2.2 人的被害

(1) 死傷者

石川県を中心に多数の死傷者（合計363人）が発生した。その自治体ごとの内訳は表-10.2.1の通りであるが、石川県の数値は石川県発表6/27現在³⁾、石川県以外の数値は消防庁発表6/14現在⁴⁾である。

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。

表-10.2.1 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	345
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³⁾、石川県以外の数値は消防庁発表 6/14 現在⁴⁾

(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-10.2.2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-10.2.2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-10.2.2 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³⁾

10.2.3 建築・住宅に係る被害

平成19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-10.2.3の通りである。表中の数値は石川県発表6/27現在³⁾であるが、消防庁（6/14現在）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-10.2.3 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³⁾

10.2.4 危険度判定の状況

(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-10.2.4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が、判定結果に関する情報は入手できていない。

表-10.2.4 平成19年（2007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）				班数	判定士数	
			木造	R C 造	鉄骨 造	計	木造	R C 造	鉄骨 造	計	木造	R C 造	鉄骨 造	計			
輪島市	旧輪島市	9,883	3,767	241	5	5	251	364	3	16	383	2,936	40	157	3,133	44	88
	旧門前町	3,349	1,886	609	3	2	614	541	4	2	547	674	22	29	725	35	70
	輪島市計	13,232	5,653	850	8	7	865	905	7	18	930	3,610	62	186	3,858	79	158
穴水町	3,752	685	131	0	3	134	182	1	5	188	330	9	24	363	15	31	
能登町	7,725	14	0	0	0	0	8	0	0	8	6	0	0	6	1	2	
七尾市	21,567	1,075	178	1	4	183	354	4	10	368	497	16	11	524	65	182	
中能登町	6,120	18	11	0	0	11	4	0	0	4	3	0	0	3	9	18	
志賀町	7,919	86	24	1	0	25	56	0	1	57	3	1	0	4			
羽咋市	8,197	17	4	0	0	4	6	0	0	6	7	0	0	7			
計		7,548	1,198	10	14	1,222	1,515	12	34	1,561	4,456	88	221	4,765	169	391	

(2) 宅地の危険度判定

国土交通省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。

10.2.5 本節のまとめ

平成19年能登半島地震は震源近くに人口密集地が存在せず、比較的人的被害は少なく、建築物の被害も相対的に少ない。また、被災地に建つ建築物は圧倒的に比較的古い木造建築物が多く、木造建築物に被害が集中したことが応急危険度判定結果からも類推される。

10.3 余震観測

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。

10.3.1 輪島市役所

(1) 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

(2) 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(*PGA*)及び計測震度(*I_s*)とともに表-10.3.1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。

観測された余震のうち最も規模の大きな3月28日13時05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-10.3.3から図-10.3.5に示す。K-NET輪島の記録波形(図-10.3.4)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-10.3.3)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-10.3.5)は、JMA輪島の記録波形によく似ている。

図-10.3.6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1.5Hz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、1.5Hz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-10.3.7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1Hz辺りの卓越が特徴的である。

表-10.3.1 輪島市街地の余震記録

月日時分	<i>h</i> km	<i>M</i>	輪島測候所 (JMA 輪島)						K-NET 輪島 (K-NET)						輪島市役所 1F (WJM)					
			Δ km	<i>I_s</i>	<i>PGA</i> (cm/s ²)			Δ km	<i>I_s</i>	<i>PGA</i> (cm/s ²)			Δ km	<i>I_s</i>	<i>PGA</i> (cm/s ²)					
					NS	EW	UD			NS	EW	UD			NS	EW	UD			
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			
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			
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			
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			
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			
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			
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			
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			
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)

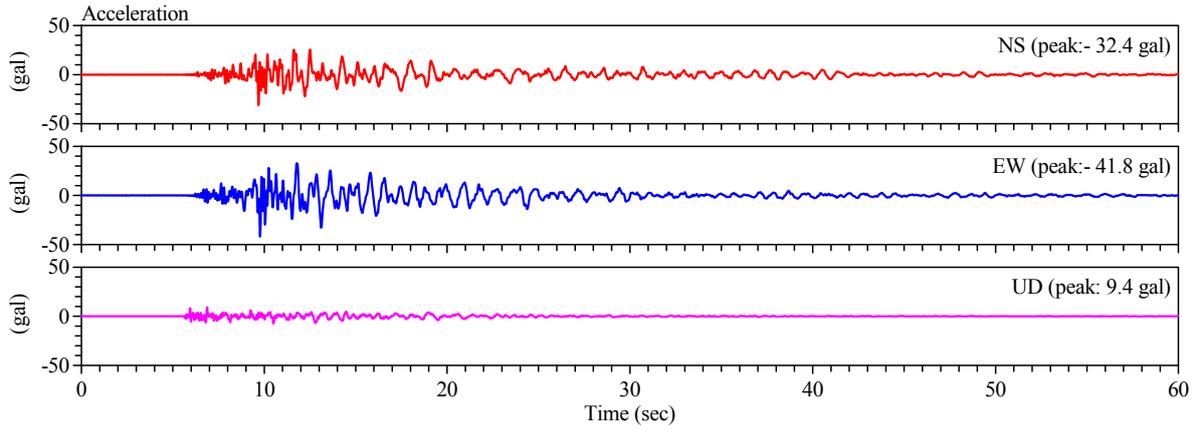


図-10.3.3 2007/03/28 13:05 (h=7km、M4.7)の地震のJMA 輪島の記録

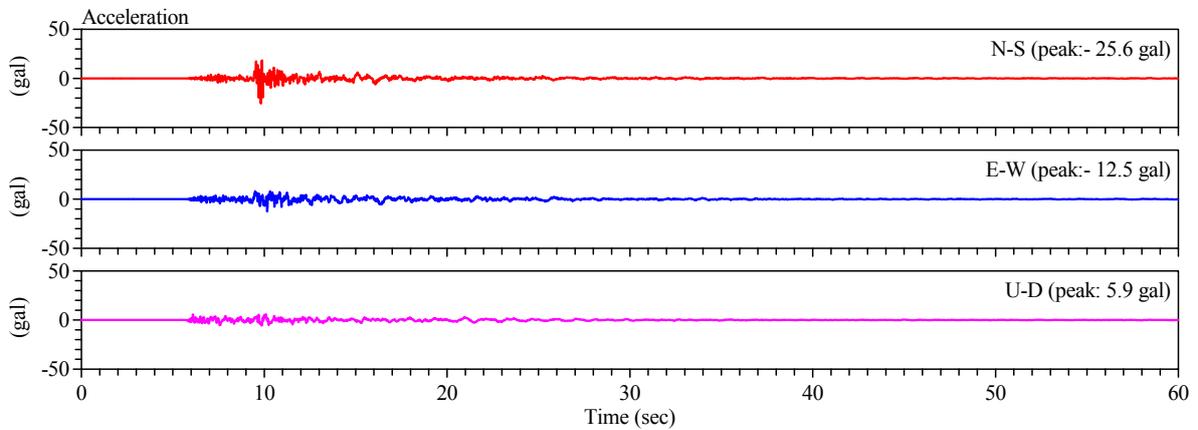


図-10.3.4 2007/03/28 13:05 (h=7km、M4.7)の地震のK-NET 輪島の記録

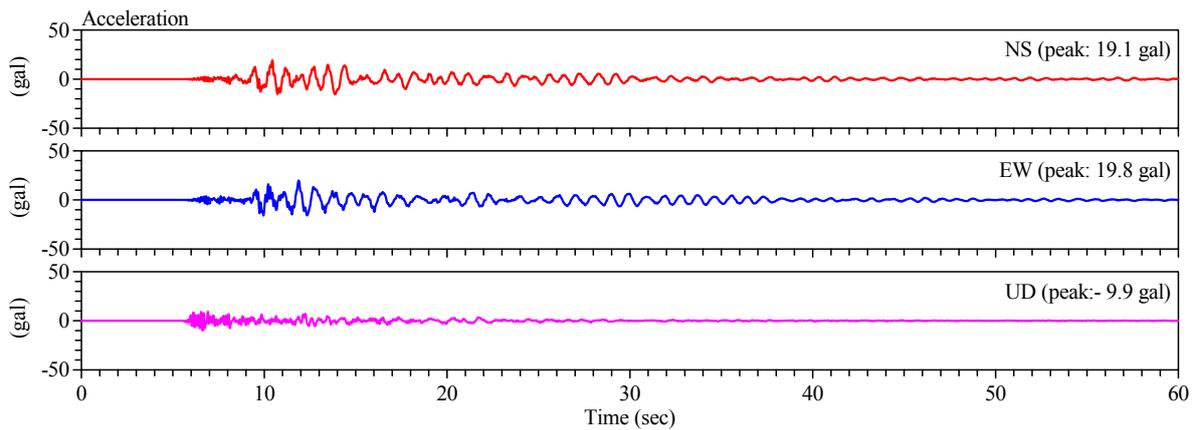


図-10.3.5 2007/03/28 13:05 (h=7km、M4.7)の地震の輪島市役所 1F の記録

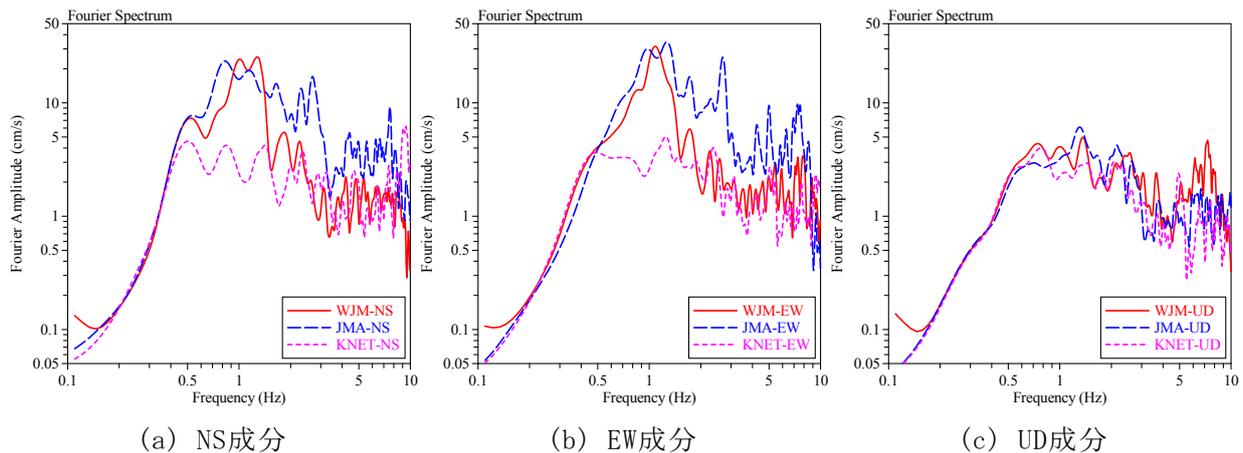


図-10.3.6 2007/03/28 13:05 の余震のフーリエスペクトル(WJM、JMA and K-NET)

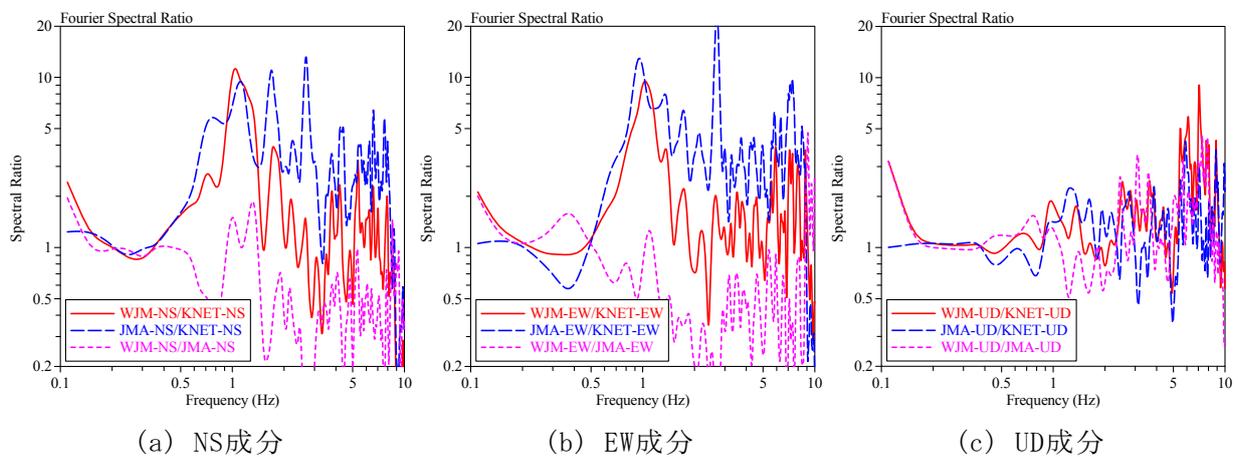


図-10.3.7 2007/03/28 13:05 の余震のフーリエスペクトル比(WJM/K-NET、JMA/K-NET、WJM/JMA)

(3) 建物の振動特性

輪島市役所で観測された余震記録を表-10.3.2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-10.3.1及び図-10.3.2に示した建物軸をX及びYとして扱っている。

表-10.3.2 輪島市役所で観測された余震記録一覧

番号	日時	震央地名	h (km)	M	Δ (km)	I_s	PGA
1	2007/03/28 13:05	能登半島沖	7	4.7	23	3.3	19.6
2	2007/03/31 08:09	石川県能登地方	13	4.4	21	1.8	13.8
3	2007/04/04 08:18	石川県能登地方	7	3.9	20	1.8	9.7
4	2007/04/06 15:18	石川県能登地方	12	4.3	17	1.7	13.4
5	2007/04/06 21:42	石川県能登地方	7	4.7	53	2.2	5.1
6	2007/04/14 23:08	能登半島沖	6	3.5	21	0.8	3.3
7	2007/04/15 06:38	能登半島沖	5	3.8	22	1.0	4.5
8	2007/04/17 21:16	石川県能登地方	6	2.0	2	1.0	19.1
9	2007/04/18 08:24	石川県能登地方	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/s^2)

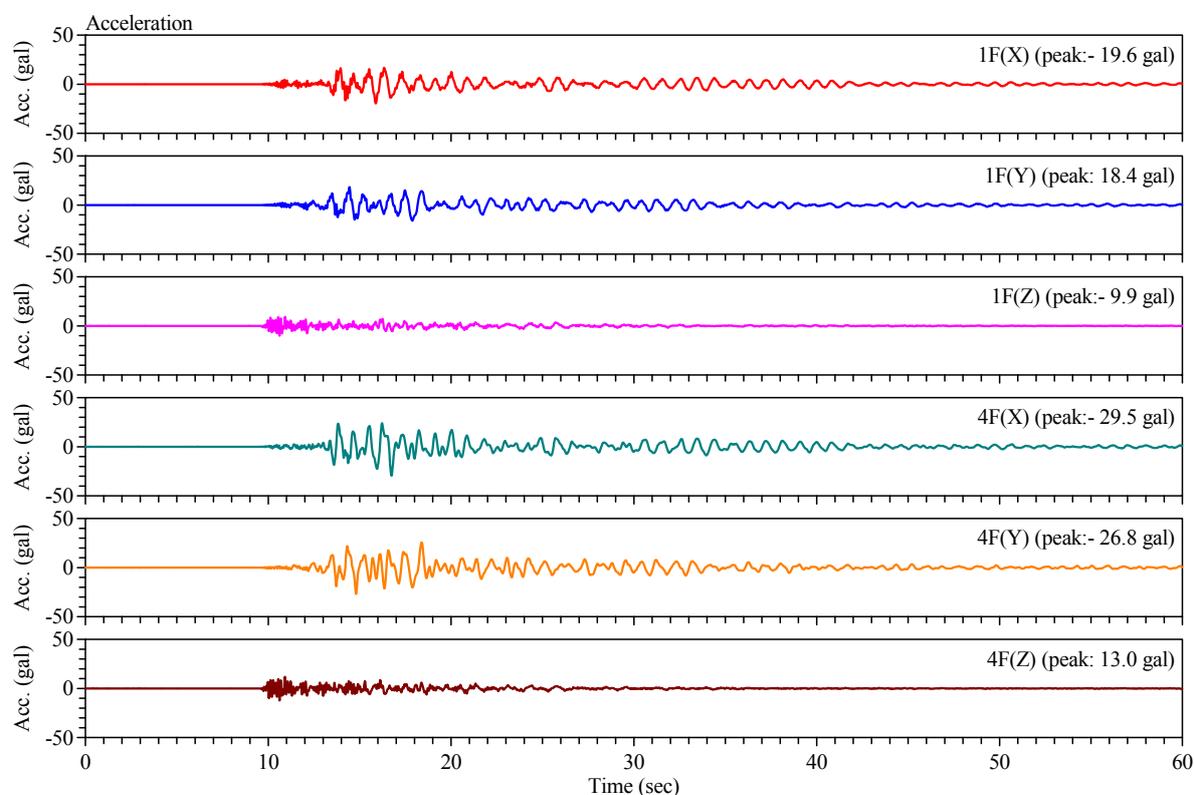


図-10.3.8 2007年3月28日13時05分の地震の強震記録

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-10.3.8に示す。水平成分の最大加速度は1Fで 18cm/s^2 から 20cm/s^2 、4Fで 27cm/s^2 から 30cm/s^2 と、ほぼ1.5倍に増幅している。

図-10.3.9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1Hz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2Hz強の振動数成分が優勢となっている。

図-10.3.10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2.4Hzに、Y方向では2.7Hz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。

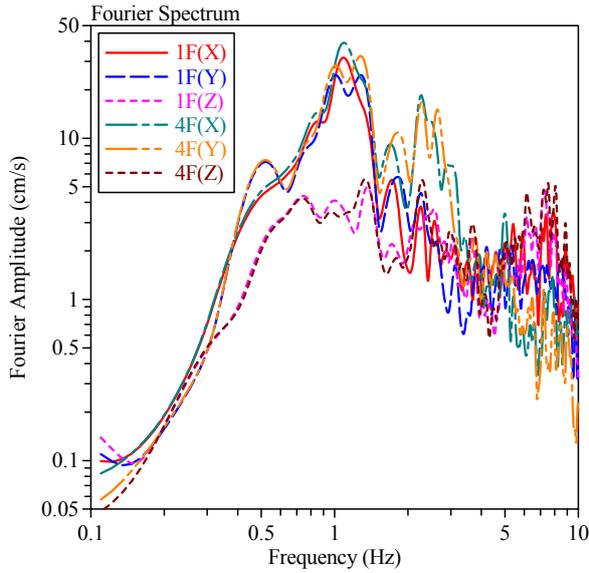


図-10.3.9 フーリエスペクトル

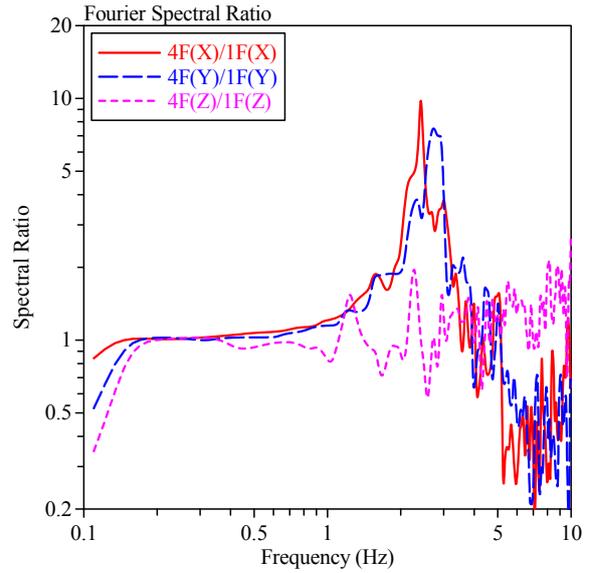


図-10.3.10 フーリエスペクトル比 (4F/1F)

10.3.2 輪島市門前総合支所

(1) 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-10.3.5、写真-10.3.6)。門前支所はL字型の平面形状をしており、エクspansion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-10.3.11、図-10.3.12、写真-10.3.7、写真-10.3.8)。観測期間は2007年3月29日より5月1日までである。



写真-10.3.5 門前支所概観(東から)



写真-10.3.6 門前支所概観(南東から)

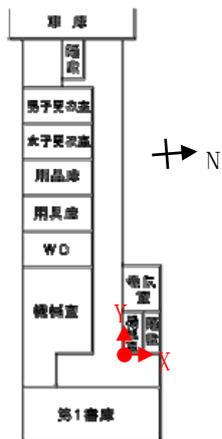


図-10.3.11 門前支所地下1階設置位置（見取り図は輪島市役所のホームページより）



図-10.3.12 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-10.3.7 門前支所地下1階強震計設置状況



写真-10.3.8 門前支所3階強震計設置状況

(2) 観測記録

表-10.3.3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 36cm/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。8つの地震で震度3を観測した。

表-10.3.3 輪島市門前総合支所で観測された余震記録一覧

番号	日時	震央地名	h (km)	M	Δ (km)	I_s	PGA
1	2007/03/30 02:05	石川県能登地方	11	3.5	8	1.0	4.4
2	2007/03/30 04:18	能登半島沖	8	3.1	3	1.5	10.5
3	2007/03/30 14:04	能登半島沖	8	3.7	15	1.0	2.6
4	2007/03/31 01:30	石川県能登地方	10	2.9	2	1.0	4.7
5	2007/03/31 08:09	石川県能登地方	13	4.4	6	2.9	36.1
6	2007/03/31 15:34	能登半島沖	6	3.3	9	1.5	5.6
7	2007/04/02 02:51	能登半島沖	12	4.2	11	1.9	12.0
8	2007/04/02 08:01	能登半島沖	7	4.1	14	2.4	20.1
9	2007/04/02 13:50	石川県能登地方	8	3.2	0	1.2	7.9
10	2007/04/02 17:25	能登半島沖	5	3.2	13	1.2	3.3
11	2007/04/02 21:49	能登半島沖	8	3.3	4	2.7	22.1
12	2007/04/04 08:18	石川県能登地方	7	3.9	4	2.6	18.2
13	2007/04/05 15:14	石川県西方沖	8	4.3	38	1.9	5.8
14	2007/04/05 22:43	石川県能登地方	11	3.5	2	1.2	6.5
15	2007/04/06 15:18	石川県能登地方	12	4.3	2	2.8	22.5
16	2007/04/06 21:42	石川県西方沖	7	4.7	37	3.0	16.9
17	2007/04/06 23:55	石川県西方沖	7	4.3	37	2.5	8.8
18	2007/04/07 18:28	石川県能登地方	3	2.8	5	1.3	2.7
19	2007/04/08 00:15	石川県能登地方	3	3.0	3	1.6	9.7
20	2007/04/10 16:50	石川県能登地方	11	3.4	10	1.3	6.1
21	2007/04/11 22:11	石川県西方沖	8	4.3	39	1.6	3.7
22	2007/04/12 03:37	能登半島沖	5	3.5	11	1.6	6.5
23	2007/04/14 00:28	能登半島沖	3	3.5	8	1.8	5.2
24	2007/04/14 23:08	能登半島沖	6	3.5	5	2.8	26.0
25	2007/04/14 23:45	能登半島沖	6	2.7	5	1.7	9.4
26	2007/04/15 06:38	能登半島沖	5	3.8	5	2.7	28.1
27	2007/04/16 07:24	能登半島沖	5	2.8	8	1.0	4.5
28	2007/04/16 15:29	能登半島沖		4.0	22	2.1	6.2
29	2007/04/24 16:24	能登半島沖	6	2.7	2	1.9	27.6
30	2007/04/26 11:30	石川県能登地方	11	3.9	6	2.4	14.7
31	2007/04/26 20:15	能登半島沖	6	3.3	2	2.0	20.9
32	2007/04/27 09:06	石川県能登地方	9	2.9	2	1.2	7.7
33	2007/04/28 03:15	能登半島沖	5	3.8	9	2.1	13.2
34	2007/04/28 17:55	石川県能登地方	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/s^2)

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-10.3.13に示す。B1Fで 29cm/s^2 から 36cm/s^2 であった水平成分の最大加速度は3Fで 59cm/s^2 から 89cm/s^2 と2倍以上に増幅している。

図-10.3.13の各加速度記録のフーリエスペクトルを図-10.3.14に表す。2Hz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ともに大きな違いは見られず1Hz前後にピークが観察できる。

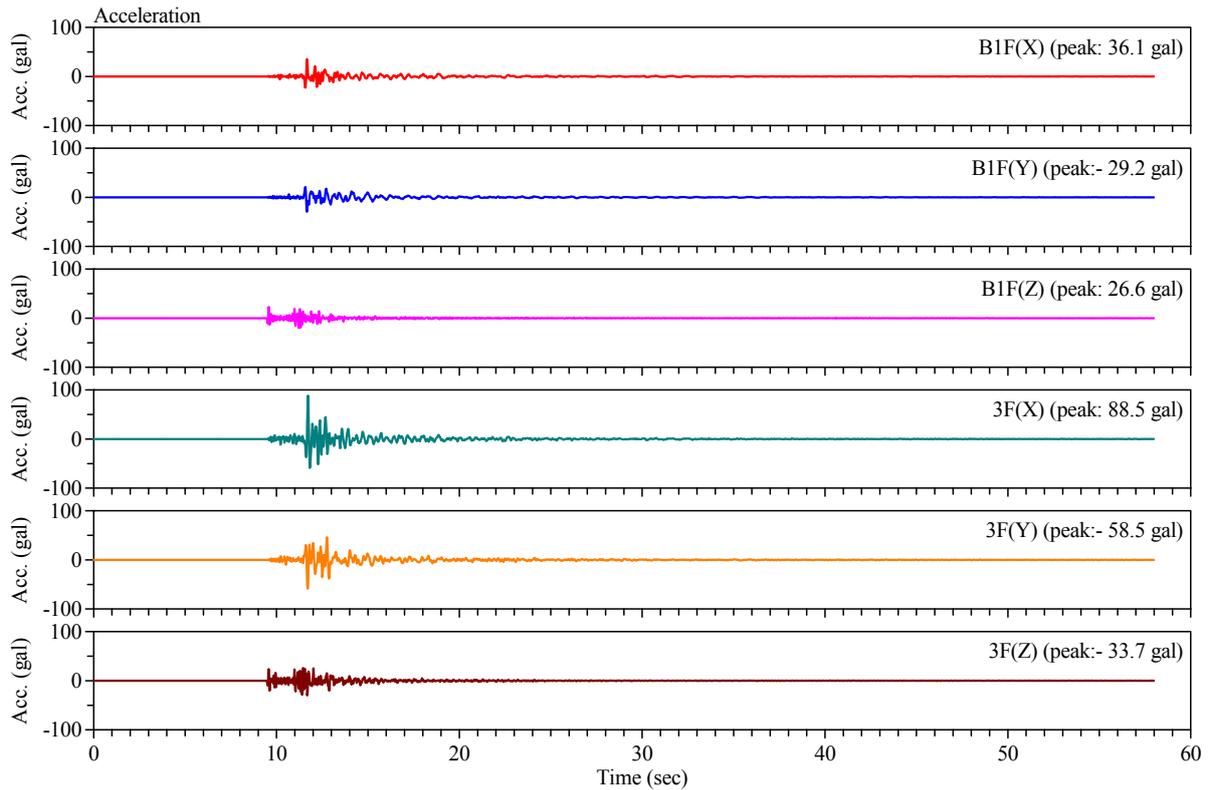


図-10.3.13 2007年3月28日13時05分の地震の強震記録

図-10.3.15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4.2Hz、Y方向で4.7Hz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。

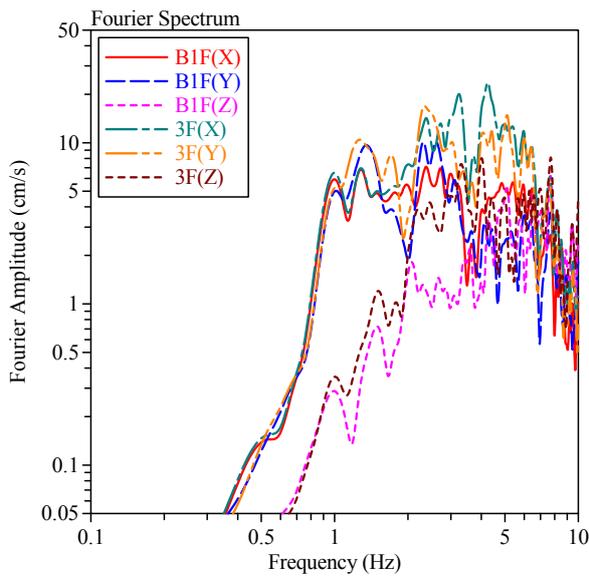


図-10.3.14 フーリエスペクトル

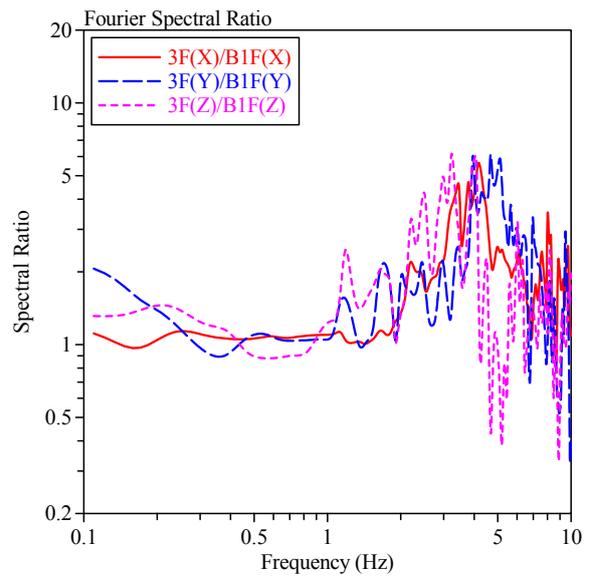


図-10.3.15 フーリエスペクトル比 (3F/B1F)

10.4 木造建築物の被害

10.4.1 調査目的と概要

(1) 調査の目的

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（pp. 4-1～4-77）¹⁾の概要を記すとともに、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。

(2) 初動調査（平成19年3月25日～27日）の概要

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。

(3) 2次調査（平成19年3月29日～4月2日）の概要

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央の関係を図-10.4.1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-10.4.1 平成 19 年能登半島地震の震央と調査地域

(4) 調査チームの構成

・ 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)

・ 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)

10.4.2 各地の被害状況

(1) 輪島市鳳至町、河井町、小伊勢町の被害

それぞれ震度 6 強、6 弱を観測した鳳至町、河井町には、比較的古い家屋が密集しているが、河井町は店舗併用住宅の割合が高い。1 階を店舗や倉庫・車庫と併用する住宅は前面に大開口を配するため、壁量が不足しやすいと言われる。震度 6 強を観測した地点付近では、土塗り壁などを有する比較的古い構法による建物（写真-10.4.1）が選択的に倒壊し、道路交通を遮断している例も確認された。倒壊家屋の残骸の中に鋼材が確認され、その鋼材は前面に大開口が存在し、これを補強していたものと推測される。また、鋼材に接合された柱に腐朽（写真-10.4.2）が確認された。鋼材がヒートブリッジとなっていた可能性もあるが、倒壊した残骸から得た情報だけでは断定はできない。その他、倒壊に至ら

ないまでも、極めて大きな残留変形を有する店舗併用住宅（写真-10.4.3）は、特に河井町において散見された。鳳至町で観測された波形⁶⁾から、NS、EW 方向の作用した方向を図-10.4.2 に示す。振動方向は特定の向きではなく、回転するような地震動が与えられたことが分かる。これにより、店舗併用住宅などでは建っている向きにかかわらず、弱軸方向に倒壊、または大きな残留変形を生じたと考えられる。



写真-10.4.1 選択的に倒壊した比較的古い構法の家屋



写真-10.4.2 倒壊した家屋（写真-10.4.1）の腐朽した部材

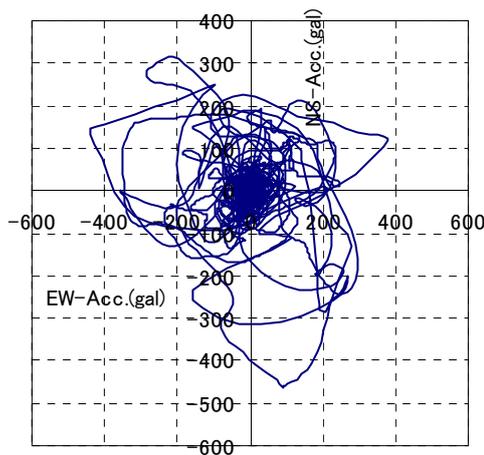


図-10.4.2 輪島市鳳至町で観測されたNS、EW方向の加速度波形を合成して求めた軌跡



写真-10.4.3 大きな被害を受けた店舗併用住宅

小伊勢町では、倒壊した家屋は1棟（写真-10.4.4）しか確認されなかったが、1階を作業所としているものと推測された。また、ほぼ隣接する2棟のうち、敷地が以前、蓮田であった方の被害が大きく（写真-10.4.5）、隣の家屋は被害が小さい例（写真-10.4.6）が確認された。地盤の善し悪しが被害程度に



写真-10.4.4 輪島市小伊勢町で倒壊した作業場兼住宅

差を与える顕著な例と言える。

旧輪島市地域では、世帯数 9,883（平成 19 年 3 月 1 日現在）に対して住家の全壊 174 棟、半壊 256 棟、一部損壊 4,588 棟の被害³⁾があった。



写真-10.4.5 旧蓮田に建ち、隣家より



写真-10.4.6 隣家より被害が小さい例

被害が大きい例

(2) 輪島市（旧門前町地域）

旧門前町地域では、輪島市門前町門前・館・走出地区と道下地区（両地区の位置関係は図-10.4.1 参照）に被害が多いことが判明した。地区においても倒壊しているのは、土塗り壁などを有する古い構法の家屋か、店舗併用住宅であった。門前町走出の門前総合支所裏庭に石川県が設置した地震計（写真-10.4.7）は、計測震度 6.4、最大加速度 1303.8 gal を記録していた。同支所近辺の門前・館・走出地区は目抜き通りに沿って商店が建ち並び、倒壊を含む大きな被害が散見された。特に館地区では、倒壊家屋が連続している状況（写真-10.4.8）や、柱が折損して今にも倒壊しそうな例（写真-10.4.9）も確認された。また、寺社建築の屋根が崩壊する例なども確認された。

道下地区はほぼ東西に走る旧街道沿いに住宅が建ち並び、大きな被害を受けた家屋が多く見られた。通り沿いの店舗併用住宅の割合は低く、多くは住宅のようであるが、前面に大きな開口を設けた家屋が多く見られた。大きな残留変形を有する家屋の多くは通りと平行方向に大きな残留変形を有する（写真-10.4.10）が、なかには通り側に大きく傾いた家屋（写真-10.4.11）が散見された。なお、道下地区の南側の丘陵地にある墓地の墓石は、ほぼすべてが倒れ、その方向は規則的ではなかった（写真-10.4.12）。



写真-10.4.7 門前総合支所裏庭の石川県震度計



写真-10.4.8 門前地区で軒並み倒壊する家屋群



写真-10.4.9 倒壊は免れたが柱が折損するなどの甚大な被害を受けた住宅



写真-10.4.10 通りと平行方向に大きく傾いた家屋



写真-10.4.11 道下地区で道路側へ傾く家屋群



写真-10.4.12 ほぼ全てが転倒した道下地区の墓石

言わば強軸方向である前面道路と直交方向に建物が大きく傾いた原因としては、図-10.4.2 に示すような回転運動を与えるような揺れが旧門前町地域にも生じたことが推測されるが、残念ながら写真-10.4.7 に示す門前総合庁舎裏庭の地震計の本震の波形データは記録が残っていなかった。ただし、写真-10.4.12 に示す墓石の転倒状況は回転するような振動を裏付けているとも考えられる。

黒島地区は、砂質の傾斜地に下見板壁の家屋が密集しており、納屋などの簡素な作りの家屋が選択的に倒壊、大破（写真-10.4.13）していたが、比較的住家の被害は多くない。

旧門前町地域では、世帯数 3,349（平成 19 年 3 月 1 日現在）に対して住家の全壊 272 棟、半壊 481 棟、一部損壊 2,802 棟の被害⁷⁾があり、その全半壊棟数と被害の割合は、旧輪島市地域より明らかに多い。

(3) 穴水町大町地区

のと鉄道穴水駅近くには商店街（写真-10.4.14）が広がっており、店舗併用住宅が倒壊を含む大きな被害を受けている例（写真-10.4.15）が多く見られた。商店街の裏手には木造住宅が密集して建っており、専用住宅の倒壊例はほとんどないが、何らかの被害を受けた建物は多くあった。住宅敷地の地滑りや液状化痕は調査した範囲では確認されなかった。

商店街の中央には川が流れ、震度6強を観測したK-netの地震計はその河川沿いにあった(写真-10.4.16)が、これに隣接して建つ住宅は、外観からはほぼ無被害であるように見受けられた。

特にこの波形が厳しかったと見る説⁸⁾もあるが、河川沿いであることもあり、この地区の全ての建築物にこの波形が入力されたかと考えるには少し無理がある。むしろ、店舗併用住宅等壁が不足した住宅が密集していたことが被害を多くしたと考える方が素直である。



写真-10.4.13 黒島地区で倒壊・大破した納屋等



写真-10.4.14 穴水駅近くの商店街



写真-10.4.15 倒壊寸前の店舗併用住宅



写真-10.4.16 K-net 穴水とほぼ無被害の木造住宅

10.4.3 被災地の木造家屋の構法的特徴

特に旧門前町地域では、築年数の古い建物が多かった。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-10.4.3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、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(玄関ホール等)に改修されている場合(図-10.4.4)もあった。漆器以外の店舗は、通り庭を維持した建物や維持していないものなどまちまちである。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。

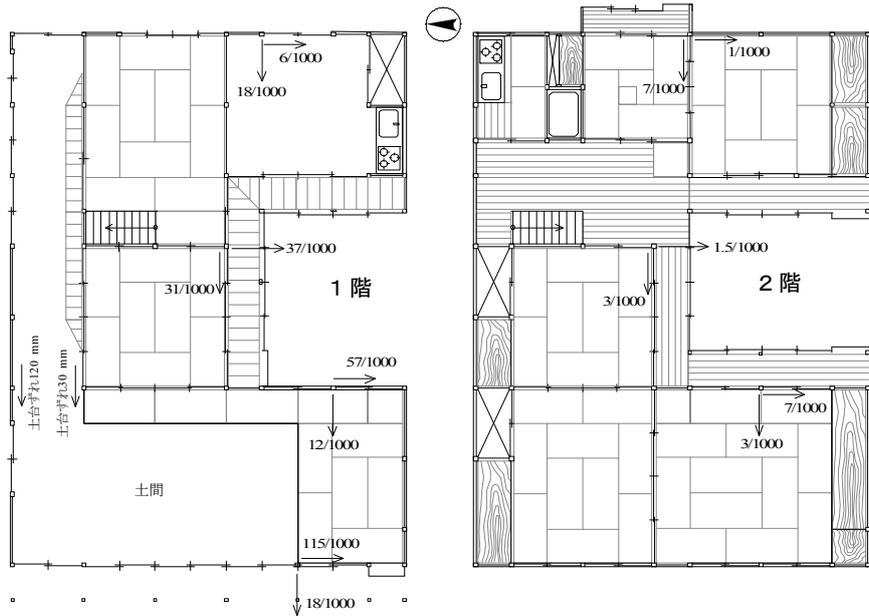


図-10.4.3 通り庭を有する伝統構法の平面図の例

10.4.4 被災地区の木造建築物の壁量

表-10.4.1 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1.5として、無開口壁量は考慮しなかった。これら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だけに限り、その評価方法は、開口低減係数⁹⁾を準用して表-10.4.2 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、一般地に要求されるもの（表-10.4.3¹⁰⁾）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。

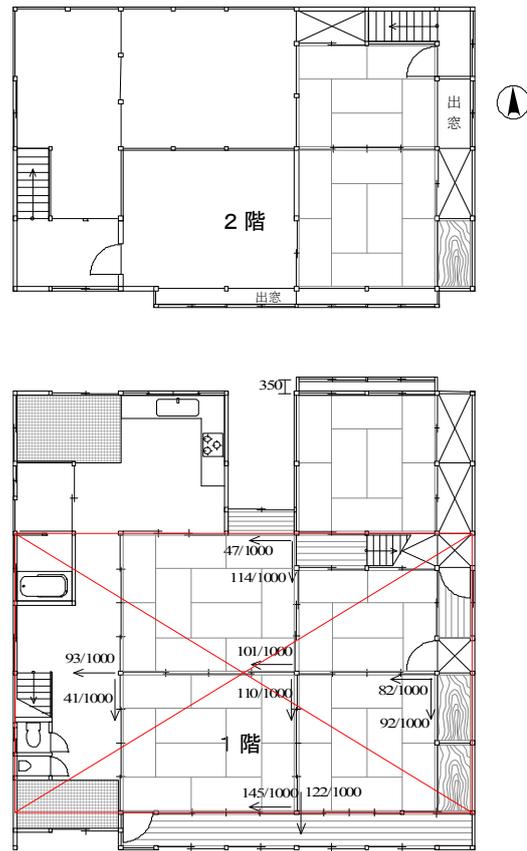


図-10.4.4 通り庭を改修した住宅の平面図の例

表-10.4.1 被災木造建築物の詳細調査結果の概要

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
輪島市 旧輪島市地域	W-1	82	2	要注意	東 1/51	輪島漆師屋。土台が最大 9 cm ずれる。
	W-2	56	3	—	0	前と後ろは 20 年前の増築。ほぼ無被害。
	W-3	100 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。
	W-4	96	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はほぼ無被害。
	W-5	48	2	要注意	1/83	道路側全面開口。1 階の壁が少ない。経験変位はかなり大きい、残留が小さい。
	W-6	30	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。
	W-7	45	2	要注意	北 1/50	W-6 の北側に隣接。W-6 より被害軽微。両端部分は 35 年前の増築。
	W-8	5	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。
輪島市門前町門前・館・走出	M-1	40	2	危険	北 1/180	道路側ほぼ全面開口。
	M-2	29	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
	M-3	44	2	危険	南 1/5 西 1/55	店舗部分 10 年前に増改築
	M-4	80	2	危険	南 1/9 西 1/55	文化財指定あり。内壁の崩落等被害大。北端の壁線の土台が最大 12 cm ずれる。
	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。
	M-6	80	2	危険	西 1/8.6	3 年前に瓦葺き替、葺土なし。
輪島市門前町道下	T-1	50	2	危険	北 1/17	隅の柱折損
	T-2	80	2	危険	西 1/30 南 1/30	礎石の上で土台が滑る。
	T-3	45	2	危険	西 1/55	柱の割裂、構造体の分離などあり
	T-4	52	2	危険	西 1/7 南 1/8	柱の折損多数。噴砂痕あり。
	T-5	59	2	危険	西 1/63 南 1/167	T-6 と平面は類似するが、被害小。
	T-6	59	2	危険	西 1/2.7 北 1/50	倒壊寸前。T-5 と施工者同一。
	T-7	53	2	危険	南 1/11 西 1/70	土間の外壁が約 2.5 cm ほど南 (道路側) へ移動。柱の折損多数。
	T-8	40	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

表-10.4.2 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-10.4.3 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	$46K_1 Z$	$20K_2 Z$
軽い材料による場合	$36K_1 Z$	$14K_2 Z$

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-10.4.5、図-10.4.6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年新潟県中越地震による被災建築物（図-10.4.7、図-10.4.8）¹¹⁾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。

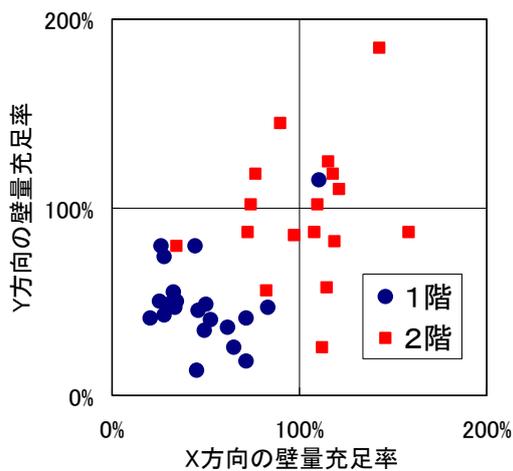


図-10.4.5 H19 能登半島地震詳細調査物件における基準法の壁量充足率

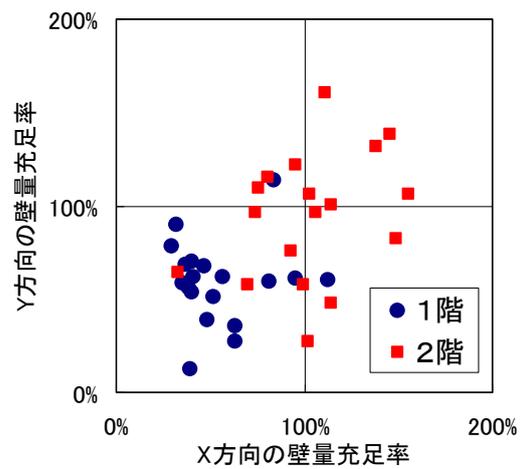


図-10.4.6 H19 能登半島地震詳細調査物件における品確法の壁量充足率

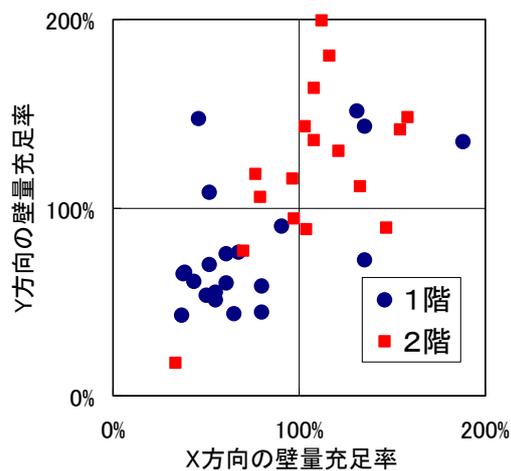


図-10.4.7 H16 新潟県中越地震詳細調査物件における基準法の壁量充足率

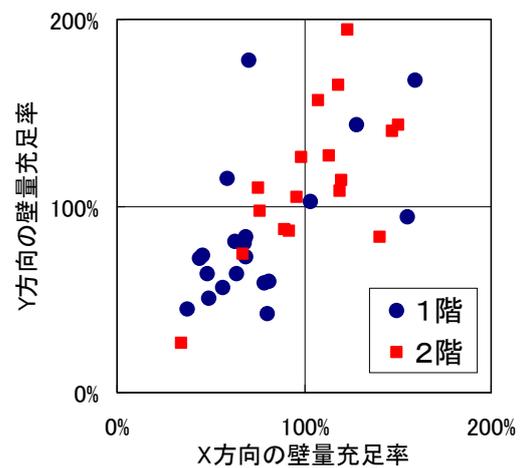


図-10.4.8 H16 新潟県中越地震詳細調査物件における品確法の壁量充足率

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-10.4.9に示す。また、H16 新潟県中越地震の詳細調査物件の偏心率¹¹⁾を比較のための図-10.4.10に示す。被災建築物の1、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、建築基準関連法

令で定める基準値 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。

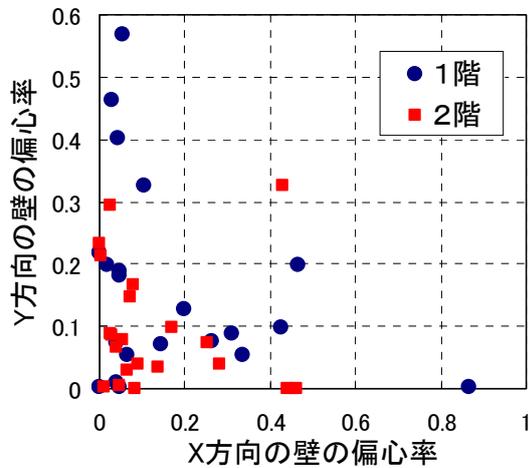


図-10.4.9 H19 能登半島地震詳細調査物件の偏心率

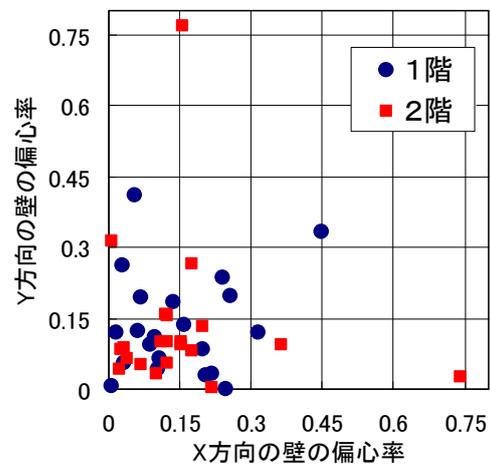
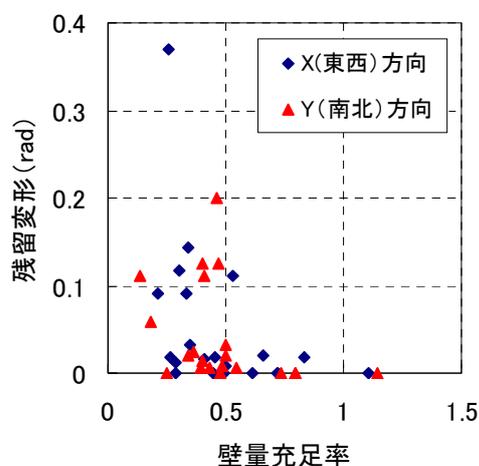


図-10.4.10 H16 新潟県中越地震詳細調査物件の偏心率

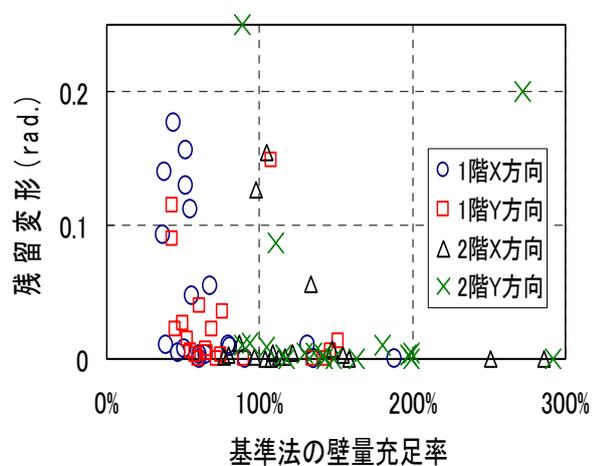
10.4.5 被災地区の木造建築物の壁量充足率と残留変形の関係

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-10.4.11、図-10.4.12に示す。また、比較のために H16 新潟県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¹¹⁾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 1/200rad 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⁷⁾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/



(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-10.4.11 基準法の壁量充足率と残留変形の関係

10rad 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の入力を受けても使用限界 1/120rad を超えるような大被害を受ける可能性は極めて低いといえる。

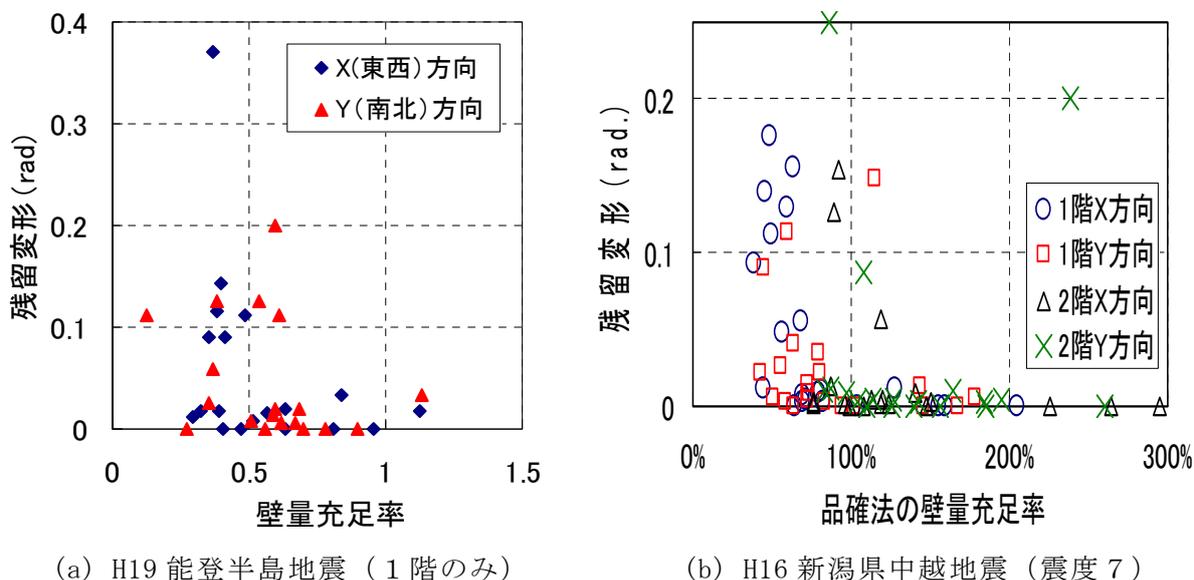


図-10.4.12 品確法の壁量充足率と残留変形の関係

10.4.6 被災地区の木造建築物の偏心率と残留変形の関係

偏心率と残留変形を比較して図-10.4.13 に示した。H16 新潟県中越地震の被災建築物¹¹⁾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 新潟県中越地震の詳細調査対象物件¹¹⁾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。

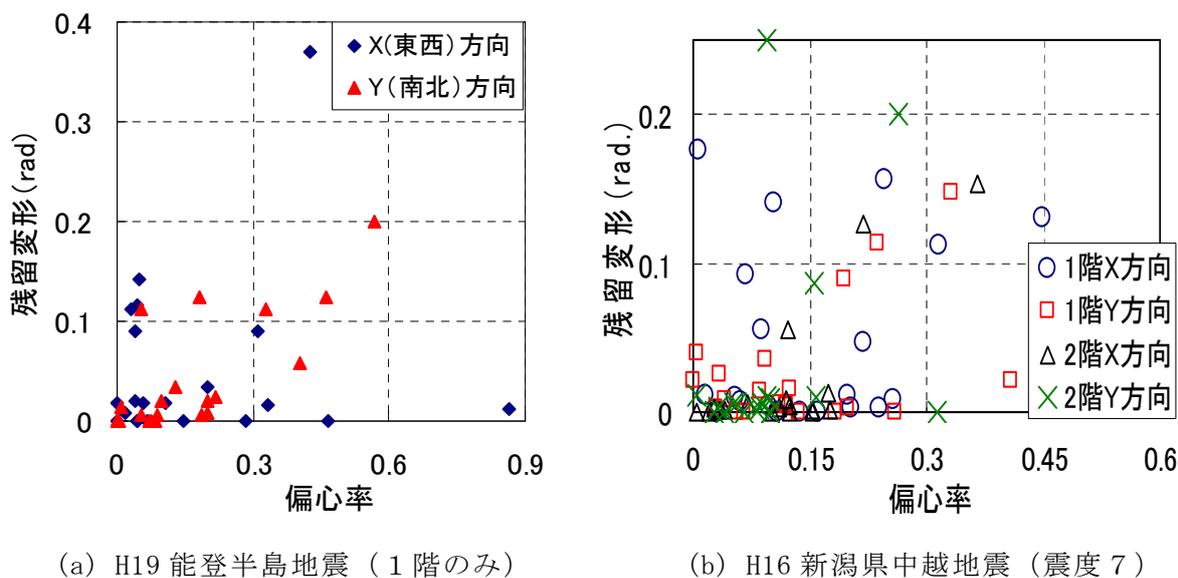


図-10.4.13 偏心率と残留変形の関係

10.4.7 本節のまとめ

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、H16新潟県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1/200rad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。

10.5 非構造部材の被害

10.5.1 調査概要

非構造部材の地震被害調査は主に建物被害情報のあった公共建物について行った。学校体育館、学校校舎、公共体育施設、その他の建物について主な被害概要を示す。

10.5.2 学校体育館

(1) 建物A（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-10.5.1）。脱落箇所は、妻壁際、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-10.5.2）。窓の被害は見られなかった。渡り廊下のエキスパンションジョイントカバーが脱落していた。構造的は、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-10.5.1 建物A内観（パノラマ合成）



写真-10.5.2 脱落した天井部材

(2) 建物B（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-10.5.4）。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-10.5.3）。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-10.5.3 建物B内観（パノラマ合成）



写真-10.5.4 天井下地の様子

(3) 建物C（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-10.5.5）。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-10.5.6）。



写真-10.5.5 被害を受けた天井の様子

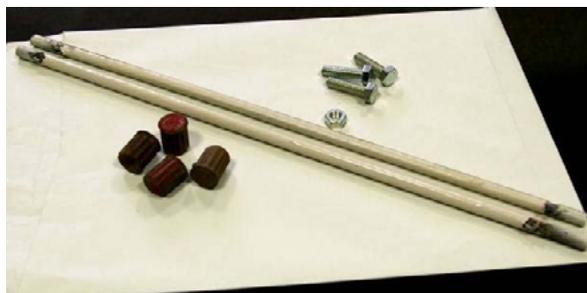


写真-10.5.6 様々な落下物

10.5.3 学校校舎

(1) 建物D（輪島市）

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（写真-10.5.8）。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。

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。



写真-10.5.7 建物D教室内観



写真-10.5.8 転倒した間仕切り壁

10.5.4 公共体育施設

(1) 建物E（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。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-10.5.10）。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-10.5.9 建物E内観



写真-10.5.10 被災直後のランニングロード上部の様子（加賀市役所提供資料より）

10.5.5 その他の建物

(1) 建物F（穴水町）

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-10.5.12）。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、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-10.5.11 建物F外観（破線部で天井被害を確認）



写真-10.5.12 せっこうボードの破損

(2) 建物G（輪島市）

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、軽量鋼製下地にせっこうボード捨て張り、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-10.5.14）。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-10.5.13 建物 G 外観



写真-10.5.14 エントランスホールの天井

10.5.6 本節のまとめ

被害が比較的多く確認された天井の被害についてまとめる。

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-10.5.1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ブ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-10.5.1 近年の地震における大規模空間の天井の主な被害

	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+ステーブル 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。

10.6 宅地地盤・基礎の被害

10.6.1 基礎の被害概要

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く（写真-10.6.1、写真-10.6.2）、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-10.6.3）。外見上の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、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。

現地でひび割れ・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、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-10.6.4 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。また、写真-10.6.5 の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の被害も認められた。

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被害を確認できなかった。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（写真-10.6.6）。また、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-10.6.7）。

鉄筋コンクリート造と思われる基礎のなかには、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と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おり、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。

被災地で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例（写真-10.6.8）も見られた。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。

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駅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-10.6.9）。なお、今回調査した範囲では、地盤面の状況などから判断し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。



写真-10.6.1 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-10.6.2 被災地に数多く認められたブロック基礎



写真-10.6.3 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-10.6.4 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-10.6.5 ブロック基礎の被害例
(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-10.6.6 コンクリート基礎の被害



写真-10.6.7 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-10.6.8 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-10.6.9 鉄筋計による基礎コンクリートの配筋等の調査

10.6.2 宅地の被害概要

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が発生した地点（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、また南側の山地は一段高くなっているため、写真-10.6.10 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-10.6.11 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-10.6.12）。写真-10.6.13 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-10.6.5 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や基礎周辺の沈下、壁体の破壊などを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。



写真-10.6.10 道下地区の土留め・擁壁の状況



写真-10.6.11 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-10.6.12 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。



重力式（無筋、頂部は増積み）、高さ約 2～3m

空石積み＋表面コンクリート、高さ約 2m

ブロック 2 段積み、擁壁の沈下と傾斜、高さ約

写真-10.6.13 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、コーナー部の損傷、増し積み部の崩壊

10.6.3 門前町道下における調査結果

輪島市門前町道下地区（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-10.6.1 に実施した調査の種類と位置を示す。

図-10.6.2 には、スウェーデン式サウンディングの結果を示すが、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った。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、表層の密実な砂層は概ね N 値 20～40 と思われる。図-10.6.3 にラムサウンディングの結果を示す。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。図-10.6.4 に、ハンドオーガボーリングで採取した試料の粒度分布結果を示す。GL-1.1～-1.5m 及び GL-1.8～2.0m と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。なお、表層水の地下水位に関して、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 G.L. -1～-2m 程度であった。

図-10.6.5 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 以深となっている。

表面波探査結果を図-10.6.6 に示す。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。

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 以上深くなっていると推察される。表面波探査の測線に沿って実施したレベル測定においても、八ヶ川に平行な中心地の道路沿い約 500m の区間(B 測線)では東側が約 7m 高く、この道路に直行する方向 (D、E 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確認された。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。

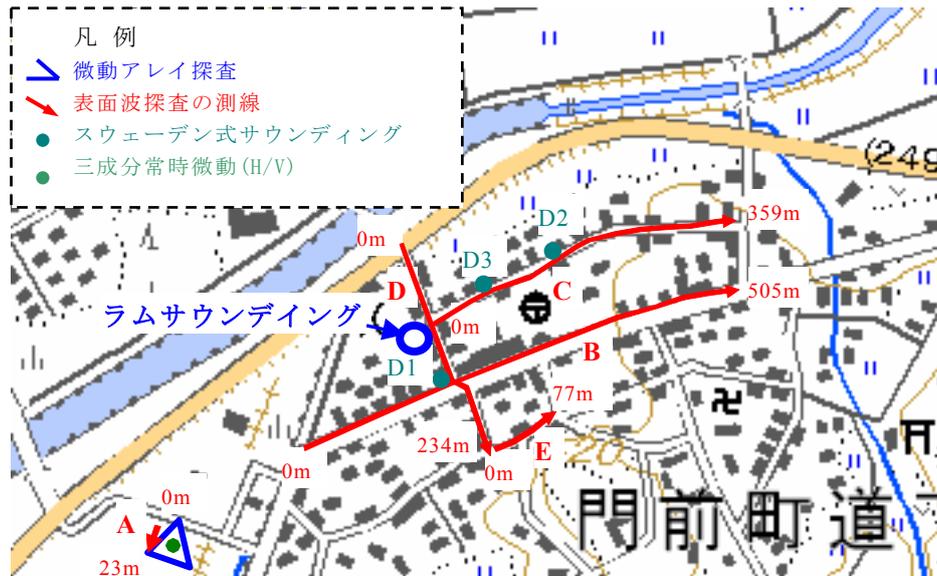
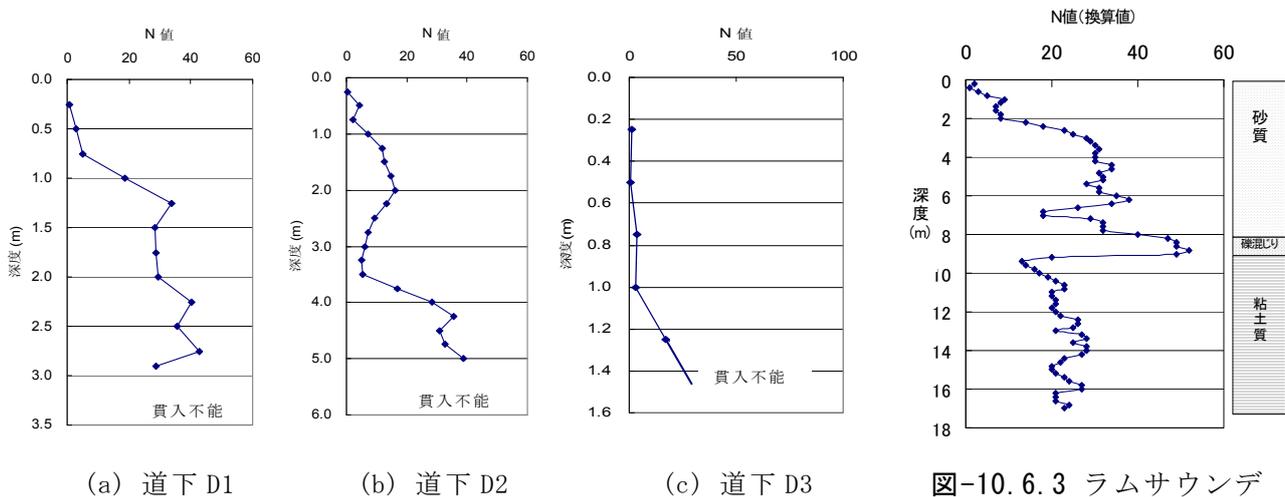


図-10.6.1 調査位置図 (輪島市門前道下地区)

(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)



(a) 道下 D1

(b) 道下 D2

(c) 道下 D3

図-10.6.3 ラムサウンディングによる地盤結果 (門前市道下地区)

図-10.6.2 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)

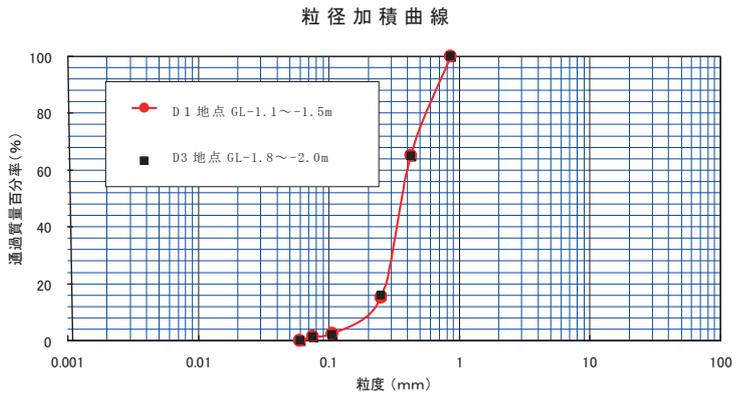


図-10.6.4 ハンドオーガーボーリングにより地中より採取した試料土の粒度分布(輪島市門前道下地区)

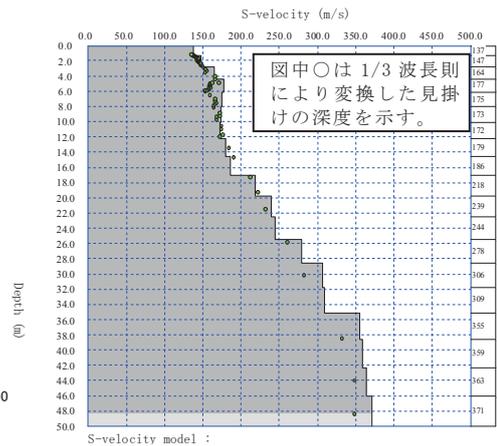


図-10.6.5 微動アレイ観測結果によるS波速度構造

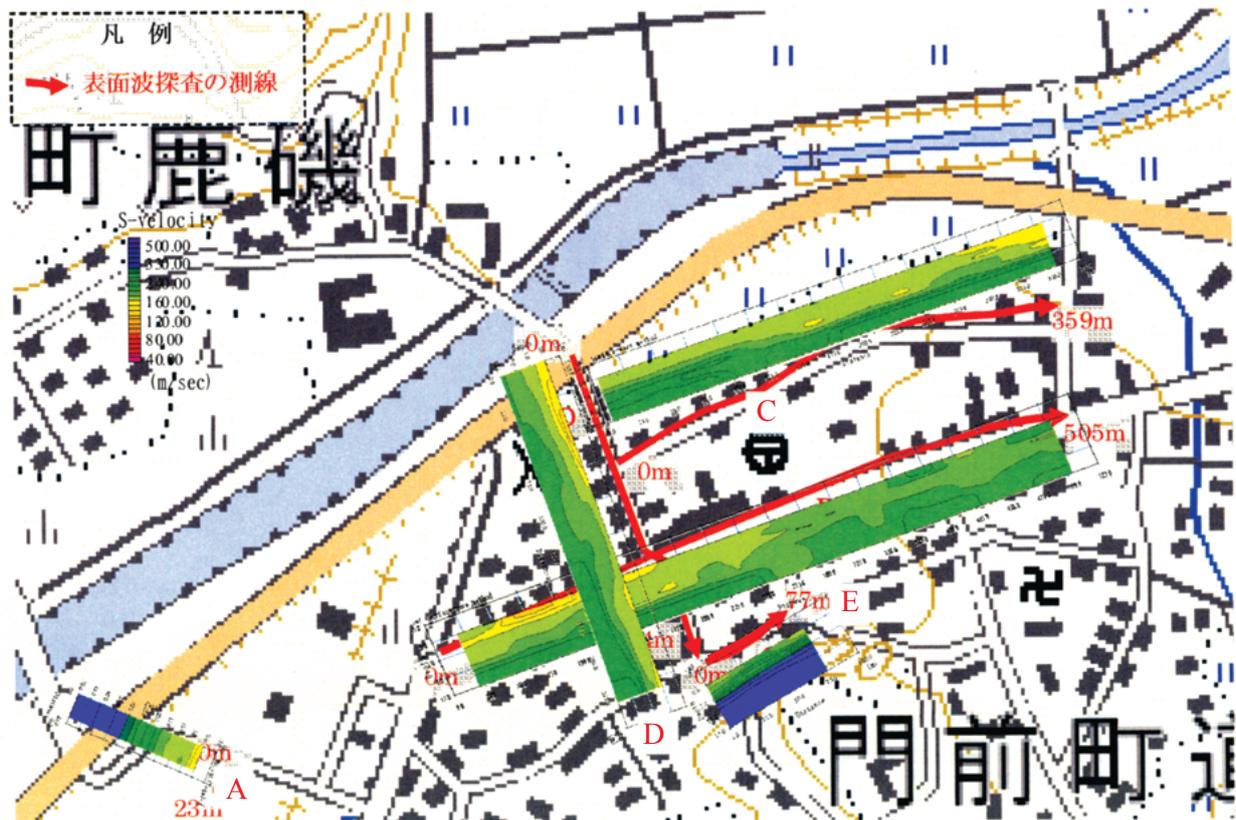


図-10.6.6 表面波探査結果と調査範囲

(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)

10.6.4 門前町総持寺における調査結果

輪島市門前町総持寺周辺も住宅の被害が数多く認められており、ここでもスウェーデン式サウンディング1ヶ所、表面波探査1測線を実施した。図-10.6.7には、総持寺地区で実施した調査内容と調査範囲を示す。また、図-10.6.8には、表面波探査の結果を示す。この図から判断すると、表層から10m程度までは $V_s=100\sim 150\text{m/s}$ のやや軟弱な層が堆積していることがわかる。また、 $V_s>200\text{m/s}$ 以上の工学的に支持層とみなしうる良好な地層

は、概ね深度約 20m 以深に存在していると考えられる。

図-10.6.9 は、表面波探査の側線付近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。レキなどの地中障害と接触したため、深度約 5.8m でスクリーポイントが貫入不能となったが、概ね N 値が 5 以下の軟弱な層が表層からかなり深くまで続いていると考えられる。深度 4m で換算 N 値が急増しているが、試験中の感触や音から判断するとレキなどとの接触が原因と思われる。また、調査中の感触などから約 3m までは粘土質、それ以深では砂・礫混じりと考えられる。なお、表面波測線の測定区間長約 150 に対して高低差は約 3m であった。



図-10.6.7 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）

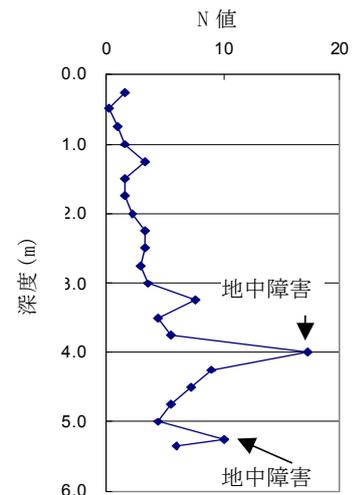


図-10.6.8 スウェーデン式サウンディングによる地盤調査結果（門前総持寺区、換算 N 値と深度の関係）

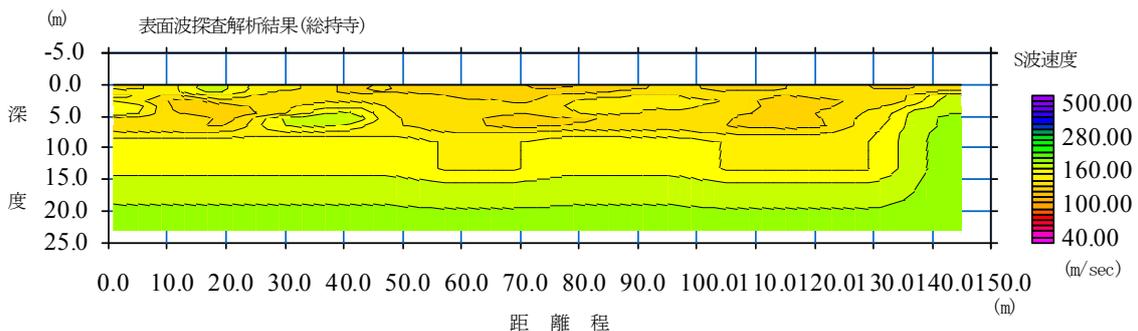


図-10.6.9 表面波探査結果（輪島市門前道下地区）

10.6.5 穴水町における調査結果

穴水町では、輪島市門前町道下地区とほぼ同様の調査を実施した。図-10.6.10 に穴水における調査の種類や調査位置を示す。

図-10.6.11 に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を示した。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が確認できた。K-NET 穴水近傍の A1 地点では、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-10.6.10 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-10.6.12 及び図-10.6.13 は、採取した試料土の粒度試験結果及びハンドオーガーボーリングの結果である。図-10.6.13 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-10.6.13 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。

住宅被害の多かった地点は、K-NET 穴水におけるボーリング調査結果や周辺の地盤調査結果から軟弱な粘性土や腐植土が厚く堆積している地域と判断される。

微動アレイ探査結果による S 波速度構造を図-10.6.14 に示す。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。図-10.6.15 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より）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-10.6.16 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-10.6.11 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）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。

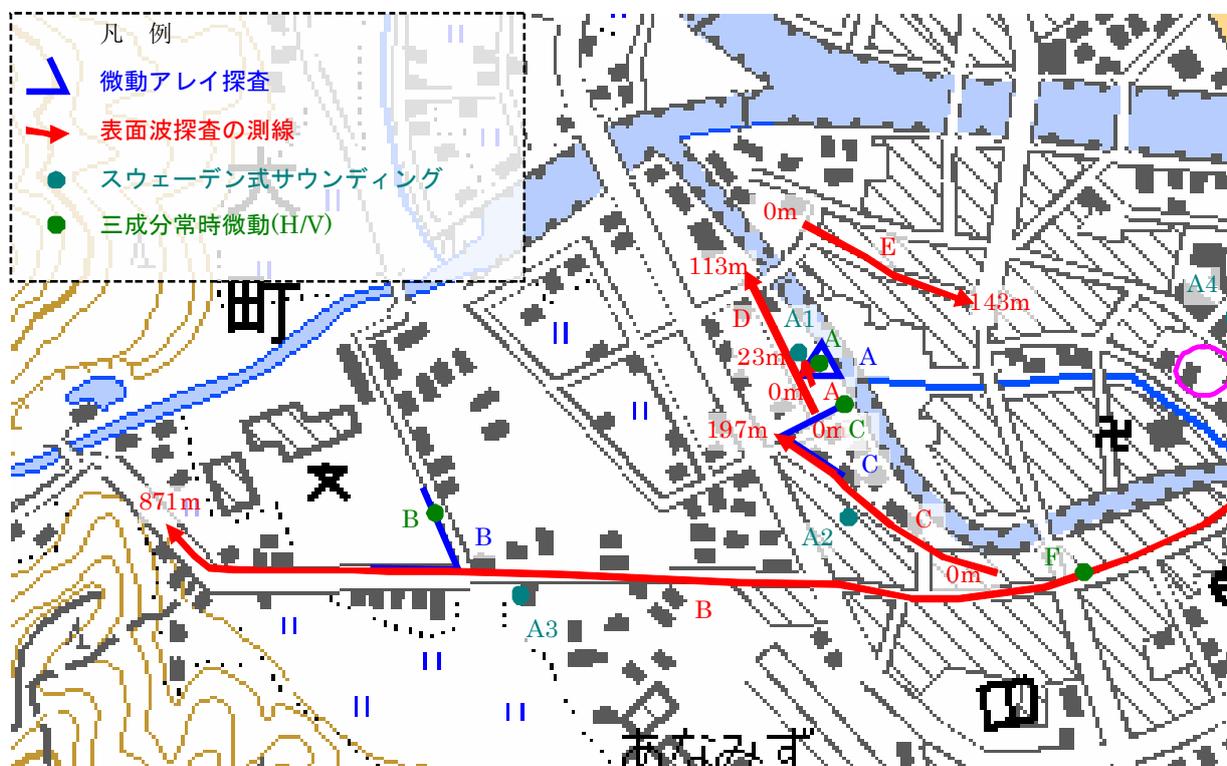


図-10.6.10 調査位置図（穴水町）

（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）

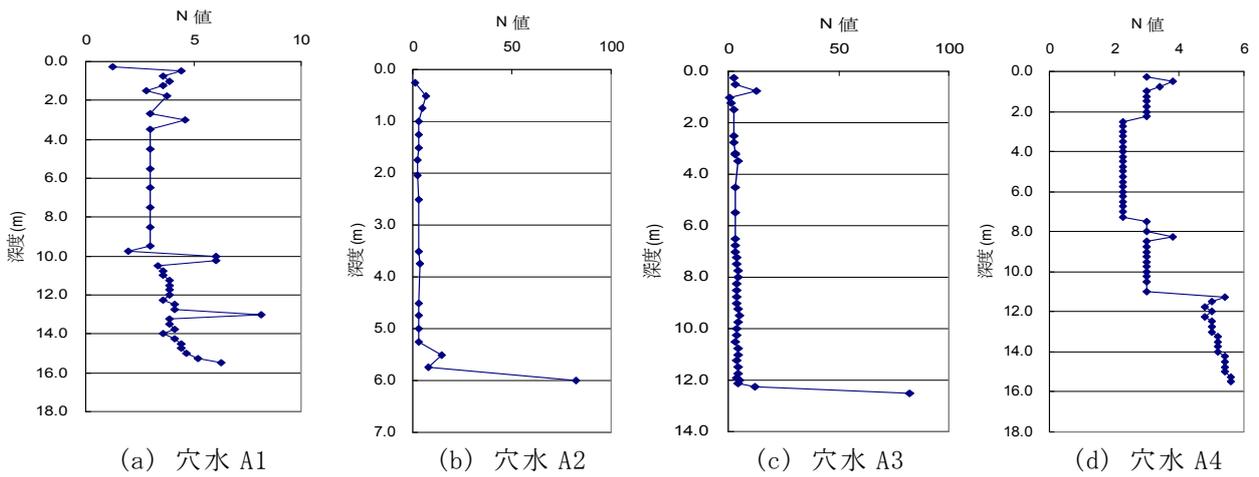


図-10.6.11 スウェーデン式サウンディングによる地盤調査結果
(穴水町、換算 N 値と深度の関係)

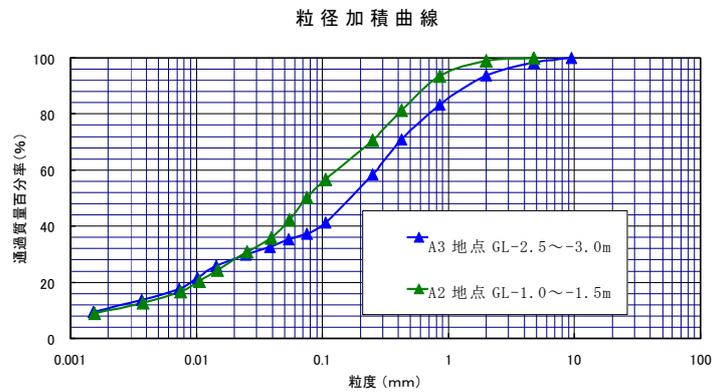


図-10.6.12 ハンドオーガーボーリングにより地中より採取した試料土の粒度分布 (穴水町)

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	埋土(粘性土)	含水大位。粘性中位。 植物根、木片等混入。 細砂混入。 含水大位。細砂主体。 0.65m付近に地下水位確認。 腐植が少量混入。	▽ ≡
	0.70	0.30	灰茶褐色	埋土(砂質土)	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。	
3	3.00	2.30	暗灰褐色 黒褐色	埋土(砂質粘土)	2.50~3.00m付近において 粒度試験用の試料採取。	

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	埋土(粘性土)	含水大位。粘性大位。 腐植が少量混入。 0.35m付近に地下水位確認。 地下水、臭気あり。	▽ ≡
	0.90	0.70	灰褐色	埋土(砂質土)	含水大位。砂は細砂主体。 φ2~15cm程度の玉石混入。	
2	1.20	0.30	暗青灰色	埋土(粘性土)	含水大位。粘性大位。 腐植物・木片混入。	
	1.80	0.60	暗灰褐色	埋土(粘土質砂)	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 A3 地点

穴水町 A2 地点

図-10.6.13 ハンドオーガーボーリングによる土質調査結果

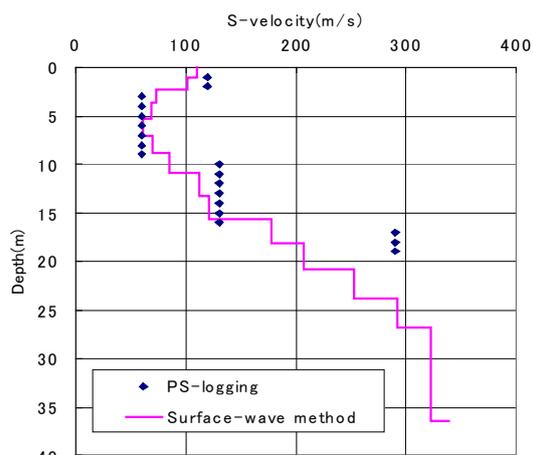
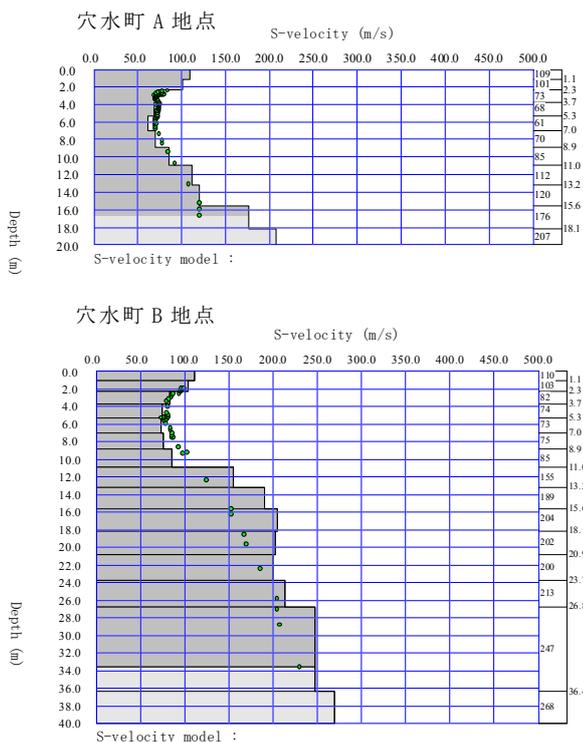


図-10.6.15 K-NET 穴水近傍の S 波速度
PS 検層と表面波探査の関係
(PS 検層の値は、防災科学研究所ホームページによる)

図-10.6.14 微動アレイ観測結果による S 波速度構造

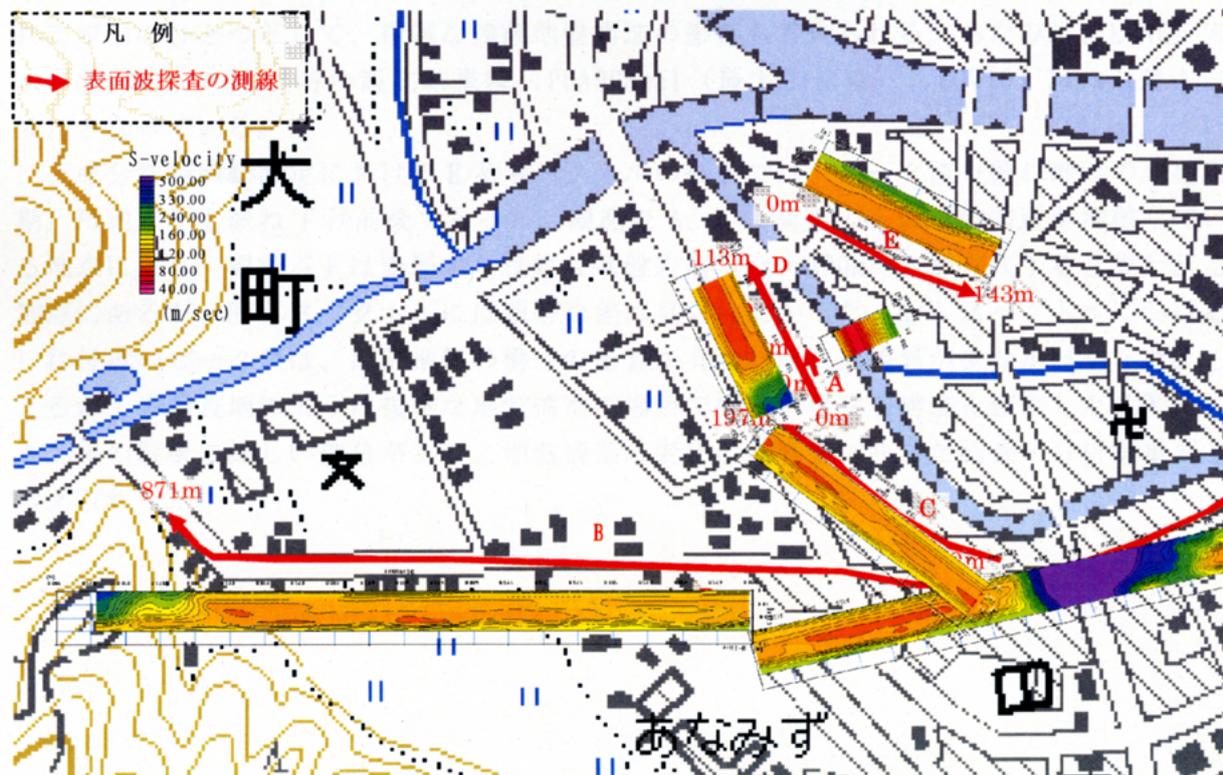


図-10.6.16 表面波探査の結果 (穴水町)

(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)

大町西児童公園内（K-NET 穴水観測点（D 測線に沿った公園内））のラムサウンディング実施位置を図-10.6.17 に、その結果を図-10.6.18 に示す。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。

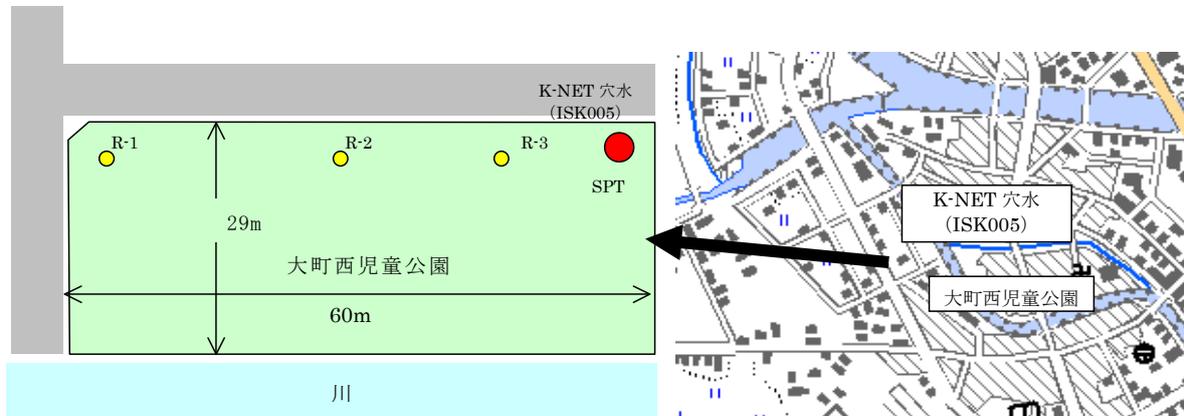


図-10.6.17 K-NET 穴水（大町西児童公園）

図-10.6.19 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。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。

三成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な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。

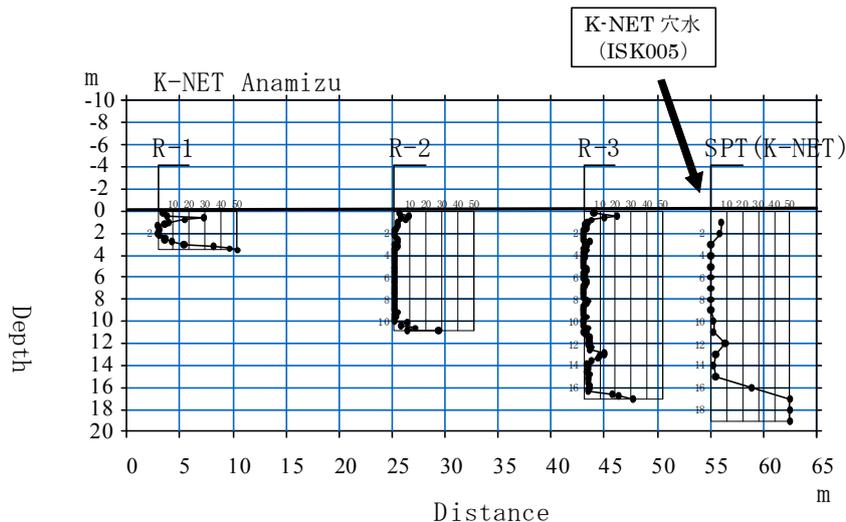


図-10.6.18 K-NET 穴水（大町西児童公園）におけるラムサウディング結果
 （K-NET 観測点の N 値および PS 検層は防災科学研究所ホームページより）

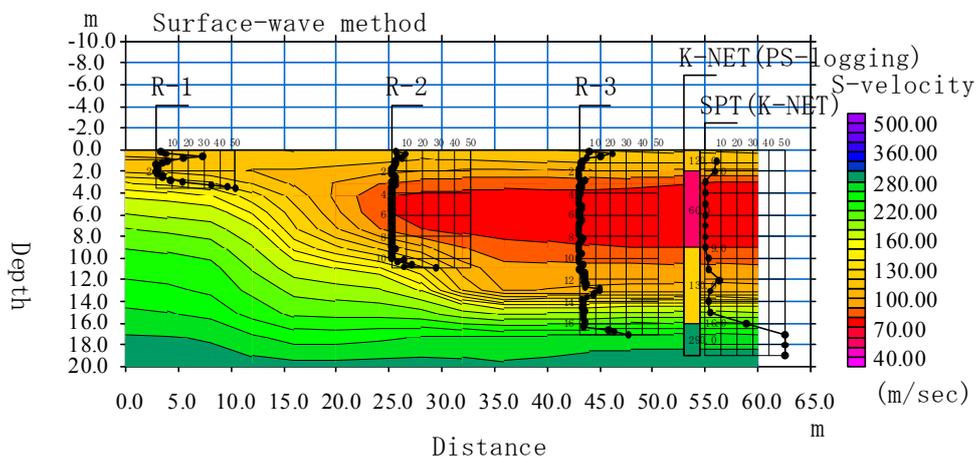


図-10.6.19 K-NET 穴水（大町西児童公園）近傍の推定 S 波速度構造。
 （K-NET 観測点の N 値および PS 検層は防災科学研究所ホームページより）

10.6.6 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-10.6.14 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-10.6.14 崩壊した斜面の先端付近の状況

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図-10.6.20 に、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図-10.6.21 に示す。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-10.6.22 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-10.6.23 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行する測線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行方向に長さ（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-10.6.24 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-10.6.25 は、地形図に示された等高線を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、造成地端部ののけ付近が特に軟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軟弱な谷埋め部分で、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。

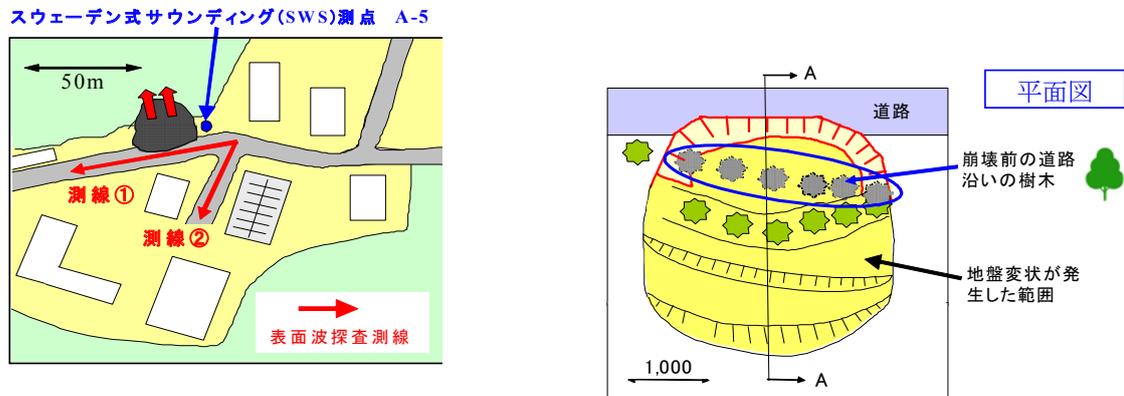


図-10.6.20 地すべりの範囲と地盤調査位

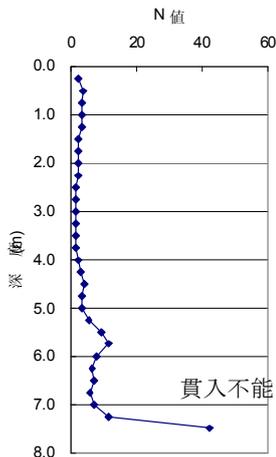


図-10.6.22 スウェーデン式サウンディングによる地盤調査結果
(穴水町周辺、換算 N 値と深度の関係)

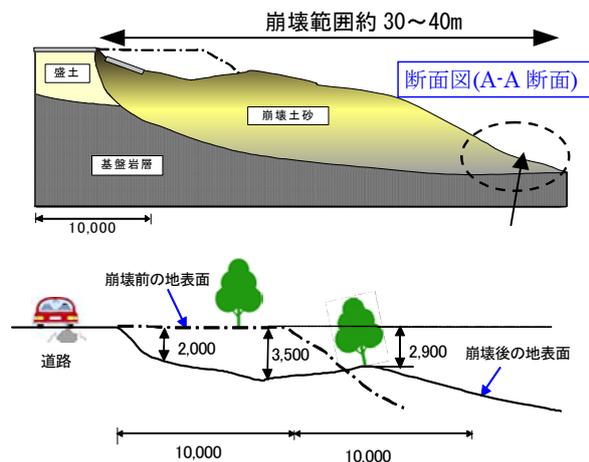


図-10.6.21 地すべり等による地盤崩壊の状況 (造成地における盛土端部)

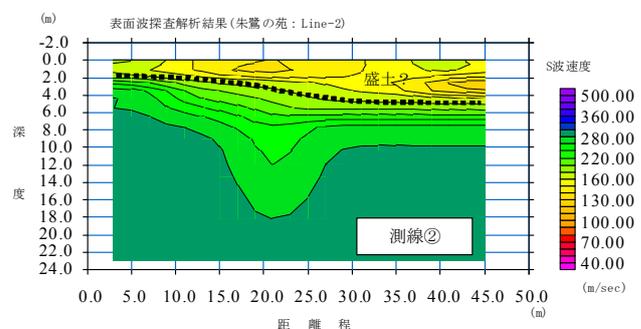
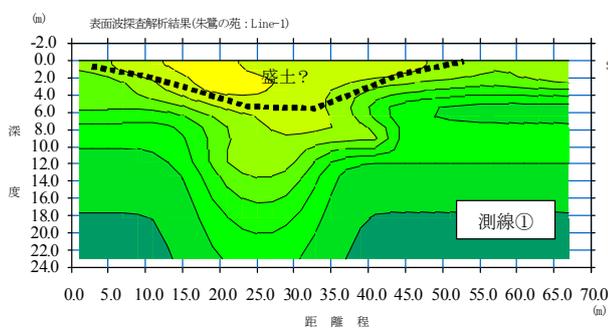
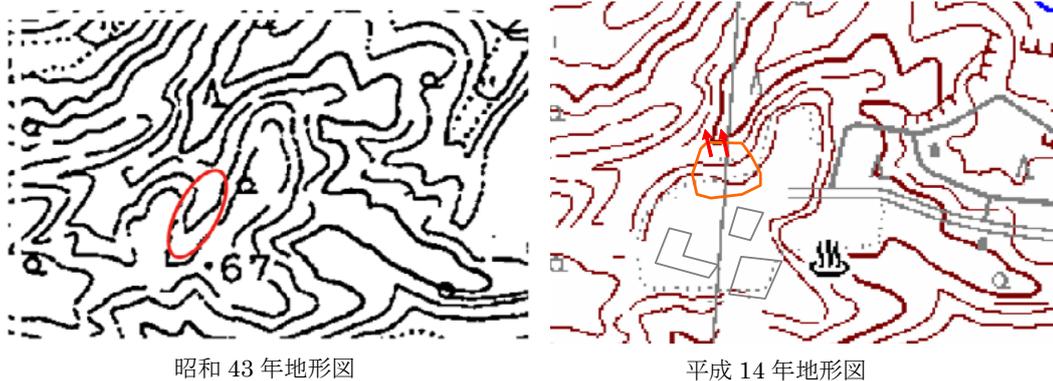


図-10.6.23 崩壊斜面付近での表面波探査の結果 (S 波速度構造図)



昭和 43 年地形図
平成 14 年地形図
図-10.6.24 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。)

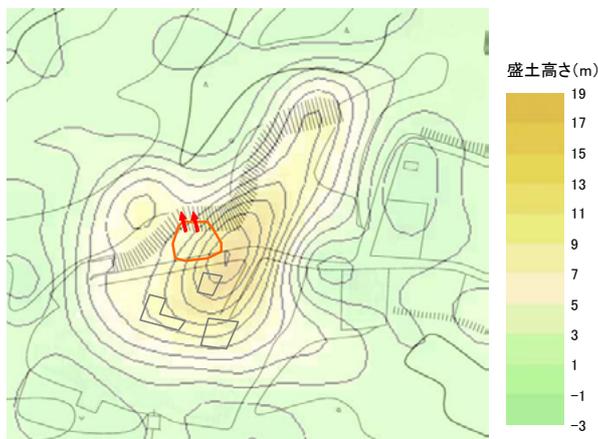


図-10.6.25 新旧の地形図からみた土地の改変と切盛の関係
(国土地理院発行の地図に基づき作成したものである。)

10.6.7 本節のまとめ

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 輪島市門前道下では、現時点で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（基礎の立ち上がりがなく、木質の土台を地表面付近に敷設した切石等の上そのまま設置する基礎）が数多く認められた。また、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あった。
- ② 地震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。
- ③ 宅地擁壁や宅地地盤に関する地震被害もいくつか確認できた。ブロック基礎の表面を覆った古い住宅基礎と同じく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例もあった。しかし、全体的に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、今回調査した範囲では確認できなかった。被災地における擁壁のなかには、2m 超の空石積みなど、過去の地震災害で大きな被害をもたらした種類の擁壁も認められたが、住宅の被害が著しい道下の中心地では擁壁の構造的な被害は少なかった。

- ④輪島市門前道下の中心地では、地表面から2～3m以深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になる程度の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。
- ⑤輪島市門前道下地区の微動アレイ観測の結果から平野部中心の海岸よりでは、深度18m以浅での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以深であると考えられる。一方、市街地の南側の山沿いでは、深度5m以深でS波速度300m/s以上であった。したがって、道下地区では、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約5m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思われ、道下地区の集落は、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。
- ⑥穴水町の中心部の地盤は、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。低層住宅でも長さ25m前後の杭を沈下対策として利用している地点があったことから、軟弱層厚が20mを超える範囲もあると考えられ、軟弱層厚10～20mの範囲が広がっていると考えられる。ただし、表面波探査の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）が地表面付近から存在している区域もあると考えられる。
- ⑦穴水町での表面波探査の結果から判断すると、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る。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。
- ⑧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スペクトルピーク値（概ね卓越周期）はいずれもほぼ1秒程度であり、これまで報告されている他機関の結果と同様な結果であった。
- ⑨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までの表層付近は、スウェーデン式サウンディングで自沈する程度の軟弱層が2～3m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。新旧地形図の比較から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できた。

なお、今回の調査地点は、震度VI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。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。

10.7 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地震動の特徴を把握する目的で、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、被害調査や余震観測を行い、その結果をまとめた。

建築物被害の概況としては、地震当日から3月30日までに、延べ391名の判定士が投入され、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%）が要注意判定であり、いずれも95%以上が木造に対するものであることから、木造建築物の被害が顕著であったことが伺える。

本震後に、輪島市役所及び輪島市門前支所で余震観測を実施し、建築物の卓越周期等の情報を得た。この結果より、今後、地盤資料等に基づき地震動の特徴や建築物の挙動を検討する必要がある。

木造建築物の被害は、比較的古い構法による木造家屋、店舗併用住宅、及び倉庫・納屋の類（土蔵を含む）に集中している。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・走出地区である。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、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た。穴水町の被害は、輪島市より小さい店舗併用住宅に被害が多く見られた。大きな被害が発生した地区の木造建築物の多くは町屋建築で、その壁量は新潟県中越地震等の被災地区と比べて少なかった。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 $1/200\text{rad}$ を超えるような被害が無かった。

非構造部材については、公共体育館では、バー材や柱に天井パネルをはめ込む形式の天井に多くの被害が見られた。従来、建築用鋼製下地材にせっこうボードなどをビス止めする形式の天井の被害が中心であったが、今回はこれと異なる工法による天井の被害であり、今後新たな検討を加える必要がある。また学校校舎、新耐震以前の基準で設計されたラーメン構造の建物では地震時の大きな変形が、間仕切り壁等の非構造材の被害原因と考えられる例が見られた。

被害を受けた住宅基礎のほとんどは、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、基礎が大きく破壊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。宅地擁壁では、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が、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。

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

参考文献

- 1) 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報告、国土技術政策総合研究所資料、第415号、建築研究資料、第107号、2007.10
- 2) 国土交通省ホームページ：
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/05/050419_.html
- 3) 石川県消防防災ウェブサイト：
<http://www.bousai.pref.ishikawa.jp/top.asp>
- 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>
- 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）
- 6) 気象庁ホームページ：
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_03_25_noto/data.html
- 7) 輪島市門前町災害復興支援室：「被害状況集計 輪島市（4月27日17:00時現在）」
http://ubcom.info/demo/blog_detail.php?no=1008
- 8) 朝日新聞ホームページ：
<http://www.asahi.com/special/070325/TKY200703260162.html>
- 9) (財)日本建築防災協会：木造住宅の耐震精密診断と補強方法、p.60、2004
- 10) 河合直人：建築技術、No.608、p.124、2000
- 11) 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