

□

能登半島地震及び三重県中部を震源とする地震 の現地調査の実施状況について

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

1. 能登半島地震

(1) 初動調査（2名：25日～27日）

調査者： 国総研 建築研究部 基準認証システム研究室 主任研究官 槌本敬大
建 研 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（2名：28日～29日）

調査者： 建 研 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（3名：28日～30日）

調査者： 国総研 建築研究部 構造基準研究室 主任研究官 西田和生・石原直
建 研 建築生産研究グループ 研究員 脇山善夫

(4) 木造被害調査（5名（ほかに他機関から3名）：29日～4月2日）

調査者： 国総研 建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官 槌本敬大
建 研 構造研究グループ 上席研究員 河合直人、交流研究員 村上知徳
材料研究グループ 主任研究員 山口修由、研究員 中川貴文

(5) 非構造部材被害2次調査及びS造被害調査（4名：4月9日～11日）

調査者： 国総研 建築研究部 構造基準研究室 主任研究官 西田和生・石原直
建 研 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）

調査者： 建 研 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

- ※ 初動調査の報告は（独）建築研究所のウェブに掲載中
- ※ 現在、中間報告をとりまとめ中
- ※ 調査者は他機関からの同行者・協力者を除く。

2. 三重県中部を震源とする地震

・ 天井被害調査（2名：4月16日～17日）

調査者： 国総研 建築研究部 構造基準研究室 主任研究官 西田和生
建 研 建築生産研究グループ 研究員 脇山善夫

(速報資料)

	ページ
(1) 平成 19 年能登半島地震初動調査報告 (4月6日付け公表版、一部加筆)	3
(2) 地震動等調査概要	30
(3) 平成 19 年能登半島地震による木造建築物の被害	36
(4) 平成 19 年能登半島地震及び三重県中部の地震による天井被害	47

(1) 平成19年能登半島地震初動調査報告(4月6日付け公表版、一部加筆)

1. 調査目的

各市町における地震による木造、鉄骨造、RC造建築物の被害状況の概要把握、並びに強震観測点の地震計設置状況の概要把握を目的として行った。今後の追加調査等の必要性の判断に資する基礎資料の収集も視野に入れて各地をまわった。

2. 調査者

- ・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 斉藤大樹
- ・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 植本敬大
- ・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. 調査範囲(各地の位置関係を図1に示す)

- ・石川県輪島市(旧輪島市地域)小伊勢地区、^{ふげし}鳳至地区、河井地区(図2参照)
- ・石川県輪島市(旧門前町地域)門前地区、^{とうげ}道下地区、黒島地区(図3参照)
- ・石川県鳳珠郡穴水町のと鉄道穴水駅周辺ほか(図4参照)
- ・石川県七尾市田鶴浜地区、奥原地区(図5参照)

4. 調査スケジュール

3月26日(月)

- 6:00 富山市出発
- 9:20 輪島市役所到着(国土交通省住宅局建築指導課高橋補佐と合流)～情報収集、打合せ
- 10:20 輪島市役所出発→輪島市小伊勢地区、門前地区、^{とうげ}道下地区、黒島地区の被害概況調査、
旧門前町役場震度計設置状況調査
- 15:00 輪島市役所着～昼食
- 15:30 輪島市役所出発→^{ふげし}鳳至地区、河井地区の被害概況調査、K-net 輪島設置状況調査
- 17:30 輪島市発
- 19:30 和倉温泉宿泊施設着

3月27日(火)

- 8:20 和倉温泉宿泊施設発
- 9:30 輪島市三井小学校着～三井小学校(S造)被害調査
- 10:30 三井小学校発
- 11:00 穴水町役場着～情報収集
- 11:20 穴水駅周辺木造家屋被害調査・穴水小学校体育館(S造)被害調査
- 13:30 穴水町発
- 14:30 中島町体育館(S造)被害調査・東大生産研腰原助教授らと情報交換
- 15:00 旧田鶴浜町役場地震計設置状況調査・周辺の被害状況調査
- 15:30 七尾市奥原地区の被害概要調査
- 16:45 富山県木材試験場着(17:00発)
- 19:30 新潟県長岡市、JR長岡駅着～上越新幹線等にてつくばへ



図1 調査地域の位置関係
(震央位置は気象庁ホームページ¹を参照)

5. 木造建築物に関する調査結果概要

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、現時点での両研究所の学術的な調査によるものであり、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。

¹ http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_03_25_noto/EVENT1/noto_kyosin.html

5.1 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市役所にも上がってきていない。
- ・ 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。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 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 棟などである。
- ・ 市内山間部の三井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 2 の通り。

表 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	
鶴巣地区	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 5.1）、大破（写真 5.2）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 5.3）している。都会家屋の部材には腐朽（写真 5.4）が確認された。



写真 5.1 倒壊したチップ工場



写真 5.2 倒壊寸前のチップ工場の倉庫



写真 5.3 鳳至地区で選択的に倒壊した家屋



写真 5.4 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 5.5）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 5.6）や1階が倉庫か車庫としている家屋（写真 5.7）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 5.8）も散見された。
- ・ ほぼ倒壊に近いS造（写真 7.3）もあった。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 5.9）、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 5.10）であった。



写真 5.5 倒壊寸前の土塗り壁を有する家屋



写真 5.6 大きく傾いた店舗併用住宅



写真 5.7 1階車庫か倉庫の建物の倒壊



写真 5.8 道路をふさぐ倒壊例



写真 5.9 カーテンウォールの被害



写真 5.10 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 5.11）、大破（写真 5.12）が 2, 3 棟あった。



写真 5.11 小伊勢地区の倒壊家屋



写真 5.12 小伊勢地区で大破した家屋

5.2 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 2 の通り（3/26 現在）。門前地区門前・館・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 3 の通り。

表 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
	館	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	住家	272	481	2,802
地域合計	非住宅	970	811	2,991

*：世帯数は、輪島市役所提供資料に基づく

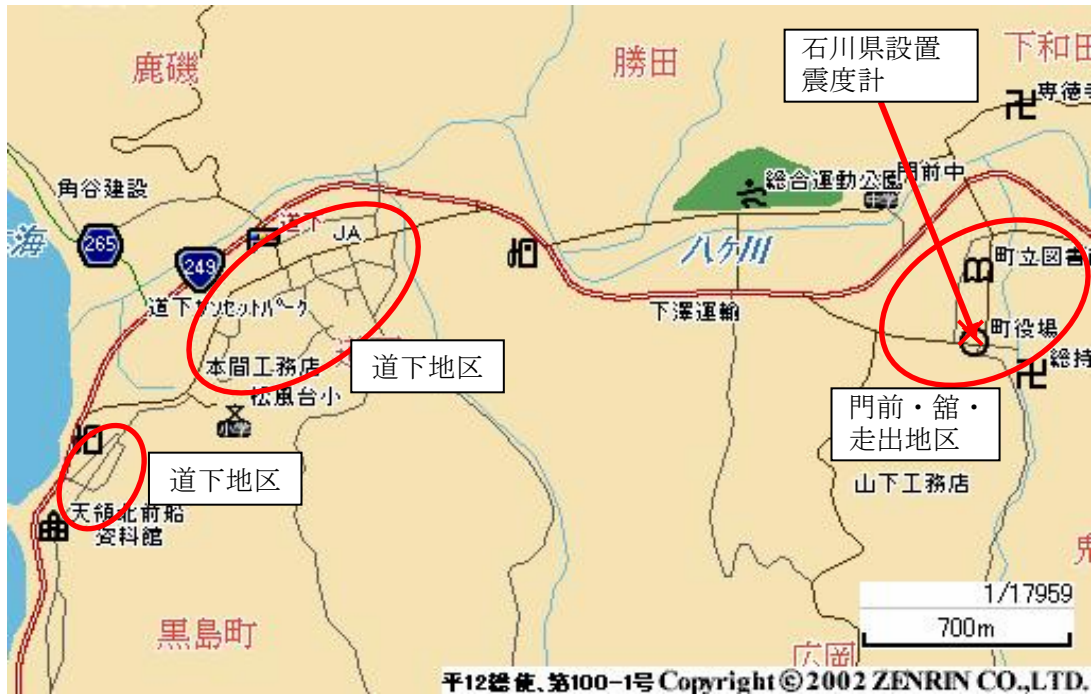


図3 輪島市（旧門前町地域）調査範囲

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び（写真 5.13）、門前支所の集計が実情とだいぶ違うように思えたので、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。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 5.14）、または柱等の構造躯体の折損（写真 5.15）が外部から確認できたものが24棟確認された。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。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。

寺社建築では、総持寺の山門（写真 5.16）や本堂（写真 5.17）はほぼ無被害に見えたが、手洗い場の東屋が倒壊（写真 5.18）し、山門の奥左側の建物が極めて大きな被害（写真 5.19）を受けていた。一方、興禅寺は、大部分が倒壊（写真 5.20）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 5.21）や倒壊したもの（写真 5.22）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 5.23）があったが、筋かいが入っていた（写真 5.24）ことが分かる。



写真 5.13 倒壊家屋が建ち並ぶ駅前地区



写真 5.14 道路側に大きく傾いた家屋



写真 5.15 倒壊は免れたが柱が折損した住宅



写真 5.16 ほぼ無被害の総持寺山門



写真 5.17 ほぼ無被害の総持寺本堂



写真 5.18 倒壊した手洗い場の東屋



写真 5.19 被害が大きい山門左奥の建物



写真 5.20 倒壊して壊滅的な被害を受けた興禅寺



写真 5.21 大きな被害を受けた店舗併用住宅



写真 5.22 倒壊した店舗併用住宅



写真 5.23 被害は受けたが残留変形小の民家



写真 5.24 左の民家の筋かい

3) 道下地区の被害概況

街道沿いに 50～80 戸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。

残留変形が大きな建物、大きな残留変形がないものの内装や建具が大きく損壊したもの（写真 5.25）を含めると、半数程度は大破しており、土塗り壁を有するなどの比較的古い構法（写真 5.26）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 5.27）が倒壊している例も確認された。通りに面した建物全数の 1～2 割が倒壊している可能性がある。これ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被害が大きく、かつ、被害率も高いことを示唆するものである。

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の転倒状況（写真 5.28）から、主として東西方向に大きな震動を受けたと思われる。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 5.29）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 5.30）が比較的多きのが目に付いた。



写真 5.25 外装、建具が大破した建物



写真 5.26 比較的古い構法の倒壊家屋



写真 5.27 比較的新しい構法と想像される倒壊家屋



写真 5.28 ほぼ全て東西方向に倒れた墓石



写真 5.29 通りの方向の残留変形が大きい住宅



写真 5.30 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 5.31）。資料館並びの民家の残留変形（写真 5.32）が大きかった。

倒壊した建物（写真 5.33、5.34）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。



写真 5.31 黒島地区の中腹の町並み



写真 5.32 残留変形が大きい住宅



写真 5.33 黒島地区の海岸付近の町並みと倒壊建物



写真 5.34 倒壊した納屋又は倉庫

5.3 穴水町の被害概況

1) 穴水町役場から得た情報等

- ・ 被害は、のと鉄道穴水駅北西側の大町地区 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 3 の通り。
- ・ 各調査地の位置関係は図 4 の通り。



図 4 穴水町調査範囲

表 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 5.35）。

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 5.36）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 5.37）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 5.38）もあった。倒壊した建物（写真 5.39、5.40）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 5.41、5.42）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。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。

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。



写真 5.35 穴水の商店街



写真 5.36 商店街裏手の住宅



写真 5.37 商店街を流れる川



写真 5.38 数十 m 奥まで続く町屋



写真 5.39 倒壊した店舗



写真 5.40 倒壊し車両をつぶした家屋



写真 5.41 残留変形が大きい店舗併用住宅



写真 5.42 倒壊寸前の建物



写真 5.43 外観上被害が軽微な建物



写真 5.44 衝突して外側へ傾いた建物



写真 5.45 躯体の腐朽が確認された店舗



写真 5.46 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 5.47）や、比較的大規模な外壁の剥落等の大きな被害（写真 5.48）を受けていた。倒壊家屋は確認されなかった。



写真 5.47 残留変形が大きい車庫付き家屋



写真 5.48 大破した家屋

5.4 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助教より、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 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 の通り。



図5 七尾市調査範囲

表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				小計	塀等
				壁、柱、基礎等	屋根等	窓ガラス等	その他		
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 5.49)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 5.50)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 5.49 田鶴浜支所裏の噴砂痕



写真 5.50 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 5.51）の他、大きな被害を受けた民家（写真 5.52）が散見された。



写真 5.51 倒壊した作業所または倉庫



写真 5.52 奥原地区で大破した家屋

6. RC 造建築物の被害例

1) 輪島市役所

RC 造 4 階建て。構造体の被害は見られない（写真 6.1）。建物周辺の地盤に、沈下・隆起・ひび割れなどが見られる（写真 6.2）。なお、輪島市によれば、市内の公立学校はすべて耐震補強済みであり、被害の報告はないとのこと。



写真 6.1 輪島市役所（RC 造 4 階建て）
（建物無被害、周辺地盤の隆起・ひび割れ）



写真 6.2 輪島市役所周辺地盤の隆起・ひび割れ

2) 輪島市門前総合支所（旧門前町役場）

RC 造 3 階建て。構造体の被害は見られない。建物は新耐震以前だが、鉄骨ブレースを用いた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。震度計の記録紙には、最大加速度 1300 ガルの値が記されている。周辺地盤の変状、ひび割れが激しい。また、調査時点で、オフィス家具は飛散したままの状態であった（写真 6.4）。



写真 6.3 門前町役場（RC 造 3 階建て）
（建物無被害、周辺地盤の隆起・ひび割れ）



写真 6.4 室内のオフィス家具の転倒被害は大きい

3) 門前地区総合福祉会館

RC造2階建て（写真6.5）。昭和55年に建設。柱に軽微なひび割れが見られる。建物周辺の地盤に隆起・ひび割れ（写真6.6）が見られる。



写真 6.5 門前地区の総合福祉会館
（柱、外壁に軽微なひび割れ、周辺地盤の変状）



写真 6.6 総合福祉会館周辺の地盤変状

4) 穴水小学校および講堂（一部鉄骨造）

校舎棟はRC造3階建て。昭和40年代に建設。昨年、鉄骨ブレースによる耐震補強を実施した。講堂（写真6.7）は、屋根は鉄骨の山形ラーメン、柱・壁の構造は未確認。講堂はかなり古く、学校創立時（100年以上前）に建設されたとのこと、耐震補強はされていない。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6.9）、廊下天井パネルの落下（写真6.10）、講堂との渡り廊下の被害（写真6.8, 6.11）。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て（写真6.12）、妻壁が外に倒壊する危険がある。現在、講堂は立入禁止としている。



写真 6.7 手前が講堂、奥が校舎



写真 6.8 校舎棟と講堂をつなぐ廊下(EXP.Jなし)



写真 6.9 校舎 EXP.J 部の被害



写真 6.10 校舎の廊下天井パネルの落下



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

5) 七尾市中島体育館

比較的新しい体育館。本体は RC 造、屋根は鉄骨トラス。被害は、正面のガラスが数箇所、枠ごと地上に落下している（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、ただし柱・梁に微少なひび割れが見られる。



写真 6.13 七尾市中島体育館

6) 七尾市役所田鶴浜支所 (旧田鶴浜町役場)

RC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い(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る(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 田鶴浜町役場



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)

7. 鋼構造建築物の被害例

1) 輪島市大屋小学校

鉄骨造3階建て（写真7.1）。受水槽浮き上り、玄関タイルひび割れが確認された。また、ヒアリングによると、屋上の給水塔パイプの破断、体育館の天井パネルずれがあるとのこと。



写真 7.1 大屋小学校（S造2階建て）（軽微な被害）

2) 門前地区・店舗建物



写真 7.2 大破したS造店舗（門前地区、2階鉄骨梁の溶接部が破断し、2階が落下）

3) 輪島市内・店舗建物



写真 7.3 大破したS造店舗（輪島地区、1階部が倒壊し、隣接建物に寄りかかった状態）

4) 三井小学校

輪島市の大屋小学校と同じタイプの鉄骨造3階建て（写真7.4）。昭和54年建設で、耐震補強はなされていない。高台の上に位置しており、建物周辺の地盤ひびわれは少ない。3階の教室の間仕切り壁が、多数被害を受けており、倒壊したものもある（写真7.6、7.7）。外部鉄骨階段脇の壁材も脱落しかかっている（写真7.9）。鉄骨柱・梁には、座屈・破断等は見られず、建物の残留変形もほとんどない。体育館の床が一部沈んでいるのが確認された。



写真 7.4 三井小学校



写真 7.5 天井パネル被害



写真 7.6 間仕切り壁倒壊



写真 7.7 間仕切り壁の接合部（固定冶具なし）



写真 7.8 妻壁被害（エアコン脱落）



写真 7.9 外部鉄骨階段（前の写真の妻壁反対側）

8. 地震観測点

1) K-net 輪島 (ISK003、住所：輪島市河合町 13-126-2)

最大加速度は、NS:519 ガル、EW:396 ガル、UD:142 ガル。設置位置は、公園に上がる階段の途中で、平地ではない（写真 8.1）。周辺に中破程度の住宅建物が 2 棟（写真 8.1, 8.2）あるが、とくに他の地域と比べて被害は顕著ではない。



写真 8.1 K-net 輪島 設置位置



写真 8.2 K-net 輪島 周辺の建物被害



写真 8.3 K-net 輪島周辺で被害を受けた木造住宅

2) 気象庁震度計（輪島市門前総合支所、中庭）

門前総合支所庁舎の中庭に設置されている（写真 8.4）。計測器のアウトプットには、2007 年 3 月 25 日 09 時 42 分 00.9 秒、震度 6 強（計測震度 6.4）、最大加速度は 1303.8 ガルと記録されている。周辺地盤の隆起、ひび割れ（写真 6.6）はあるが、門前総合支所庁舎の構造的な被害は見られない（写真 6.3）。室内は、オフィス家具が散乱している（写真 6.4）。



写真 8.4 石川県計測震度計

3) K-net 穴水 (ISK005、住所：穴水町字大町ほの1)

最大加速度は、NS: 473 ガル, EW: 780 ガル、UD: 556 ガル。設置位置は、穴水駅から北西にある川沿いの公園 (写真 8.5) である。川からの距離は 15 m 程度 (写真 8.6)。すぐそばの住宅建物には被害なし (写真 8.5)。



写真 8.5 K-net 穴水 設置位置



写真 8.6 公園脇を流れる川

4) 気象庁震度計 (七尾市田鶴浜支所、裏庭)

田鶴浜支所庁舎の裏庭に、建物から 1 m 以内の近い場所に設置されている (写真 8.7)。計測器のアウトプットには、2007 年 3 月 25 日 09 時 41 分 49.2 秒、震度 6 強 (計測震度 6.2)、最大加速度は 745.9 ガルと記録されている。震度計は液状化により、基礎が浮き上がって傾いた状態 (写真 8.8) になっている。周辺の地盤変状も著しい。



写真 8.7 石川県震度計



写真 8.8 震度計の周囲の地盤の液状化

9. まとめ

平成 19 年能登半島地震による被災建築物の被害の概要を調査した結果、以下の知見を得た。

- 1) 被害の大半は木造建築物に集中しており、鋼構造建築物、並びに鉄筋コンクリート造建築物の被害は非構造部材などに限定されるか、または軽微である。
- 2) 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。
- 3) 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。
- 4) 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、鳳至町、河井町には、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。
- 5) 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。
- 6) 七尾市の被害は、その程度、割合共に穴水町より小さい。
- 7) 輪島市門前総合支所に石川県が設置した震度計は、計測震度 6.4、最大加速度 1303.8 gal を記録していた。
- 8) K-net 輪島は傾斜地の中腹、K-net 穴水は河川の土手の側に設置されていた。
- 9) 七尾市田鶴浜支所に石川県が設置した震度計は、液状化により傾いていた。記録は計測震度 6.2、最大加速度 745.9 gal であった。

(2) 平成 19 年能登半島沖地震における地震動等に関する調査概要

1. 地震の概要

(1) 地震諸元

気象庁が決定した本震の地震諸元は以下の通りである¹⁾。

表 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 1 に★印で示す。図の右上の震源球は、気象庁による初期発震機構解である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¹⁾と八木の解析結果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北東方向へ広がったものと解釈できる。

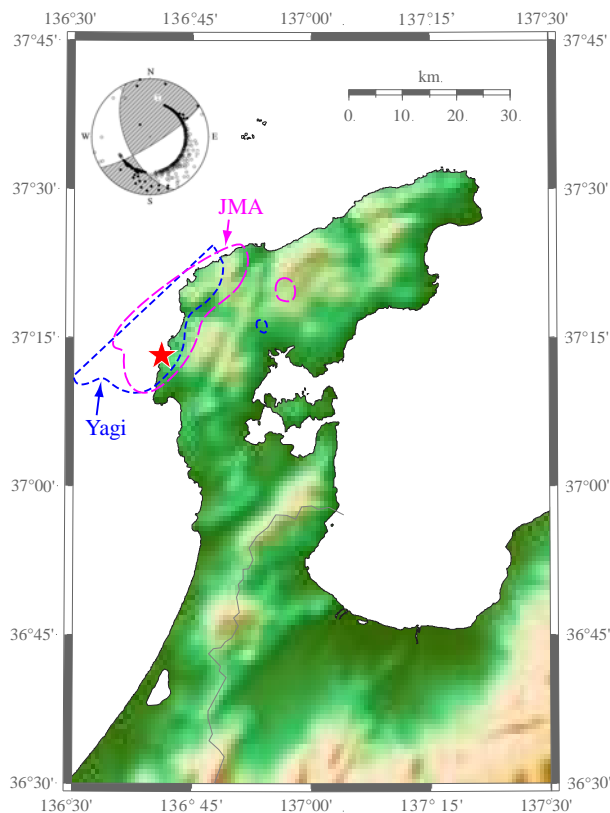


図 1 本震の震央位置と断層破壊領域

(2) 震度分布

この地震によって観測された各地の震度は下表の通りである¹⁾。表中の*は K-NET³⁾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-net⁴⁾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2である。大きな震度が得られた地点は、断層上及び断層に近い地点となっている。

表2 各地の震度(震度5強以上)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

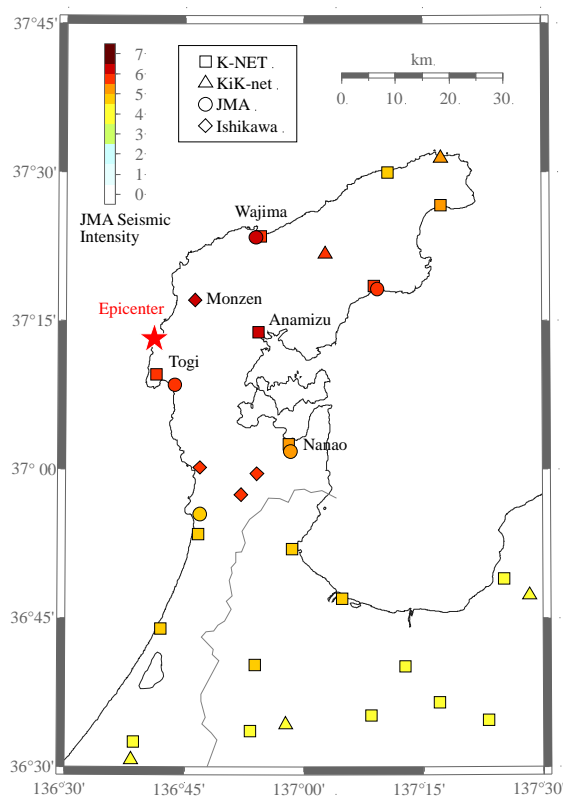


図2 各地の震度

2. 強震記録

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、計測震度、最大加速度及び最大速度を表3に示す。図4の地図上には各地点の最大加速度(3成分のうち最大の値)をプロットしている。

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、主要な記録の傾向を見る。

表 3 強震観測記録一覧(震央距離 100km 以内のもの)

Code	Site	Δ (km)	I_{JMA}	PGA (cm/s ²)			PGV (cm/s)			Notes
				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	図 4
JMA-914	志賀町富来領家町	9.6	5.6	276	507	452	27.3	55.0	18.0	図 5
ISK005	穴水町字大町	19.4	6.3	473	780	556	37.1	102.9	23.0	図 6
JMA-E10	輪島市鳳至町	26.7	6.1	464	439	190	93.7	82.5	17.1	図 7
ISK003	輪島市河井町	27.5	5.5	519	396	142	41.6	24.6	11.4	図 8
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	

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

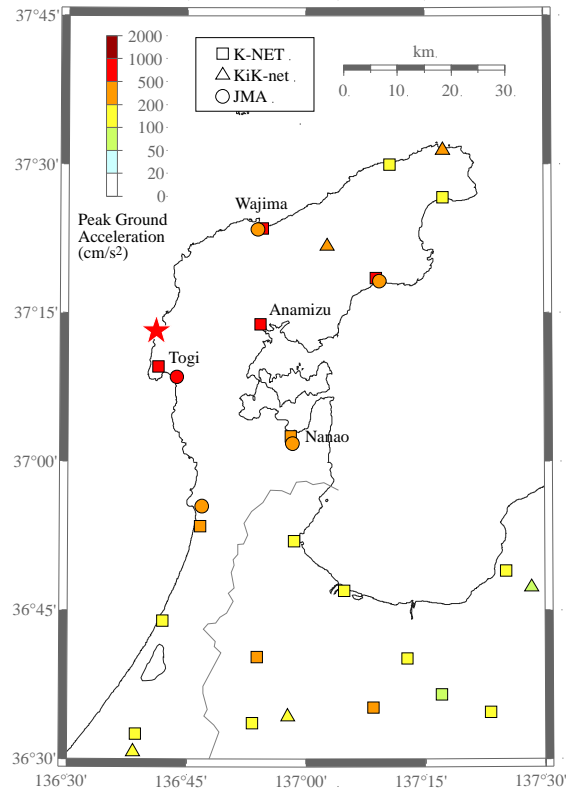


図3 最大加速度分布

(1) K-NET 富来(ISK006)の記録(図4)と JMA 志賀町富来領家町の記録(図5)

震央距離が7 km弱と震源に最も近いK-NET 富来(ISK006)の記録を見ると、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。K-NET 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であり、地盤の影響が表れていると推察される。

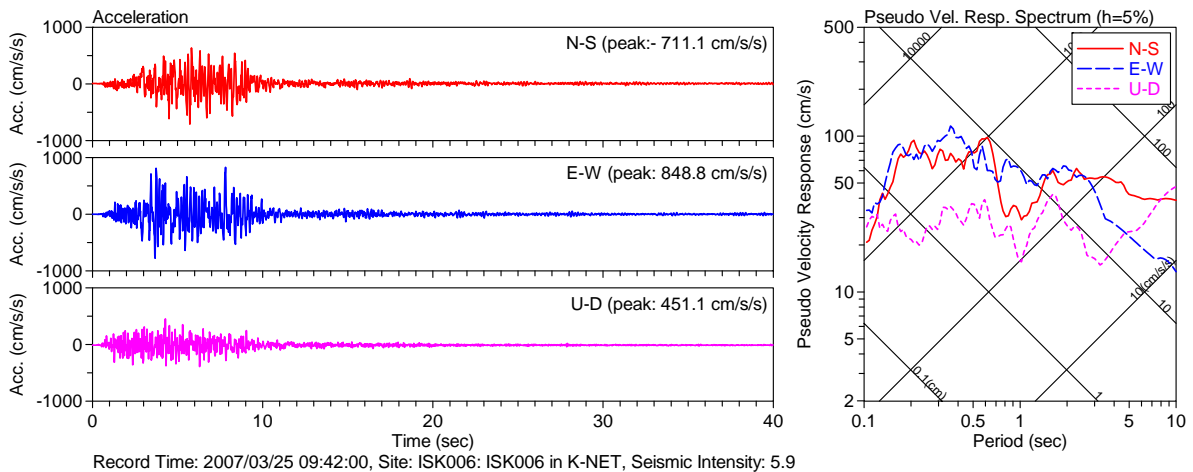


図4 強震記録(K-NET ISK006: 富来)

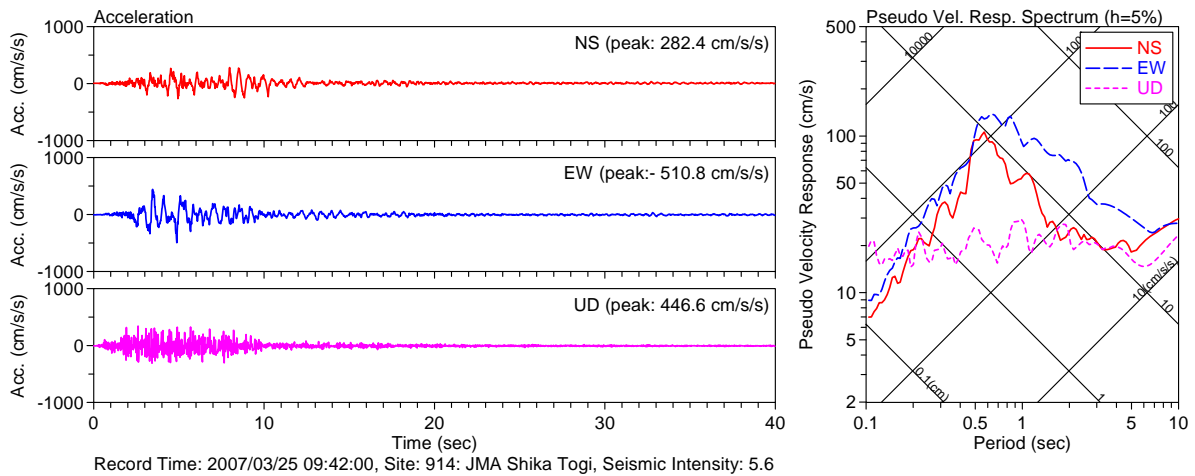


図5 強震記録(JMA 志賀町富来領家町)

(2) K-NET 穴水(ISK005)の記録(図6)

震央から 19 km 離れた K-NET 穴水 (ISK005) では明らかに比較的長周期成分が優勢な加速度記録が得られている。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 観測地点の地盤は軟らかく、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。

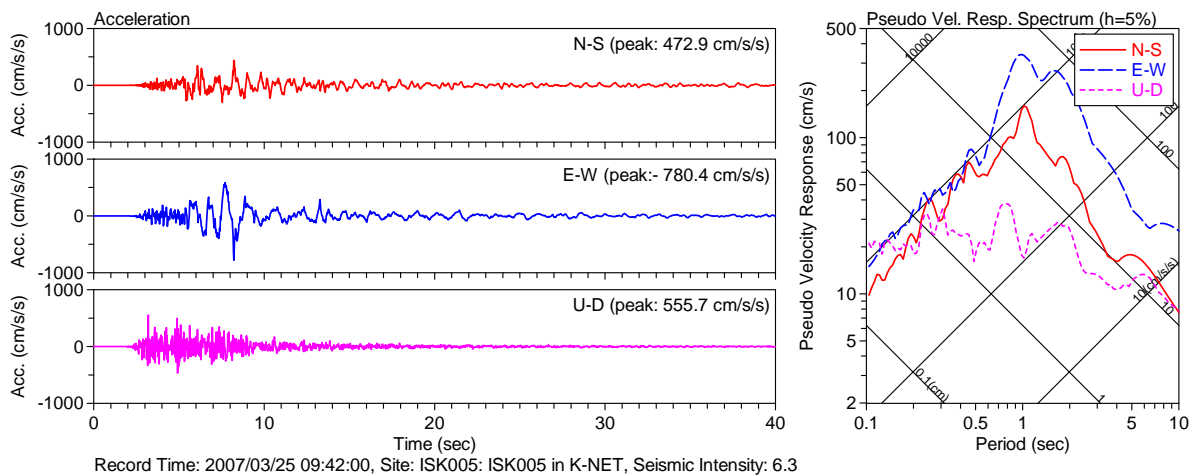


図6 強震記録(K-NET ISK005: 穴水)

(3) JMA 輪島市鳳至町の記録(図7)と K-NET 輪島(ISK003)の記録(図8)

JMA 輪島市鳳至町(以下 JMA 輪島)の記録は、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) の記録は、最大加速度は同程度であるが応答スペクトルは大きく異なる。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。

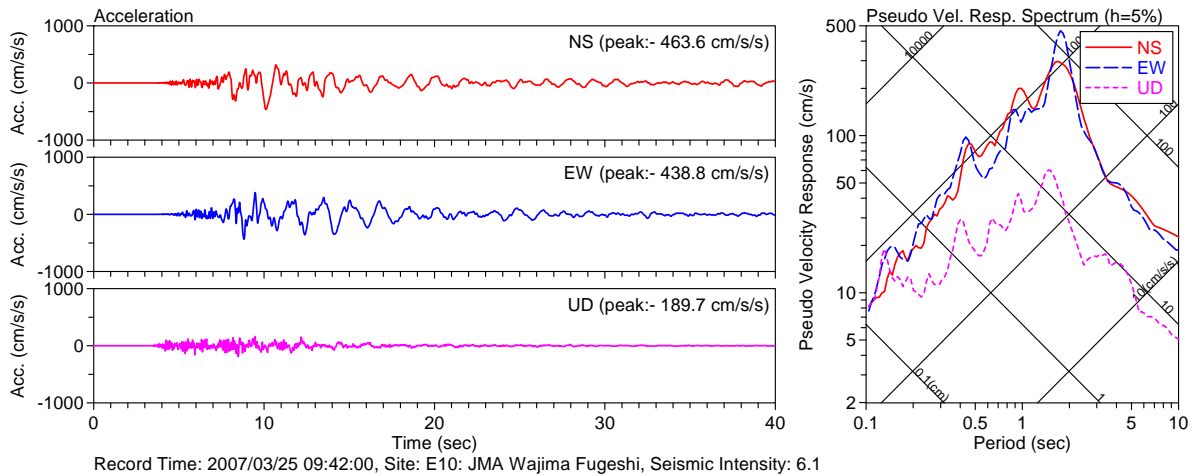


図7 強震記録(JMA 輪島市鳳至町)

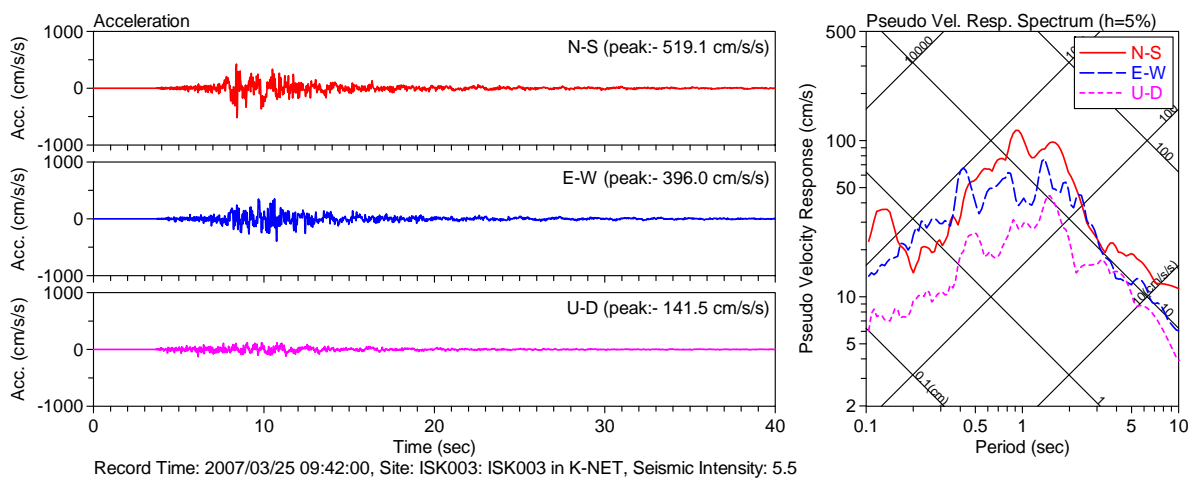


図8 強震記録(K-NET ISK003: 輪島)

参考文献/参照サイト

- 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) 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) 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/>
- 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/>
- 5) 国土交通省防災情報: <http://www.mlit.go.jp/bosai/disaster/>
- 6) 総務省消防庁: <http://www.fdma.go.jp/>

(3) 平成 19 年能登半島地震による木造建築物の被害

1. はじめに

平成 19 年（2007 年）能登半島地震は、木造建築物をはじめとする構造物等に大きな被害を与えた。これに対して国土交通省国土技術政策総合研究所、並びに建築研究所は、石川県の協力を得て、被災地における木造、鉄骨造、RC 造建築物の被害概況、並びに強震観測点の地震計設置状況、今後の追加調査等の必要性の検討に資する基礎資料の収集を目的として、3 月 26, 27 日に初動調査を実施した。

初動調査の結果に基づき、被災住宅の構造的特徴の把握、被害原因の推定に資する資料の収集を目的として、木造建築物の被害に関する第 2 次調査を 3 月 30 日～4 月 2 日に実施した。

本報告では、初動調査と第 2 次調査結果の一部を速報的に取りまとめるとともに、現在まで得られた主要な観測波に対し実施した地震応答解析と周辺の被害との比較検討の結果を報告する。

2. 調査概要と調査地

各地域の調査日を表 1 に記す。地方自治体の災害対策本部で把握している被害集中地区を中心に被害の概況を調査し、同地区から被災住宅を選定し、居住者の許可を得て当該物件に関する詳細な構造仕様、被害状況等の調査を実施した。次節以降で記述する被害の概況等はその時点で把握できた範囲のものであり、その後の余震、復興作業等により状況が変わっている可能性があることを断っておく。表 1 に示す各地域の位置関係を図 1 に示す。

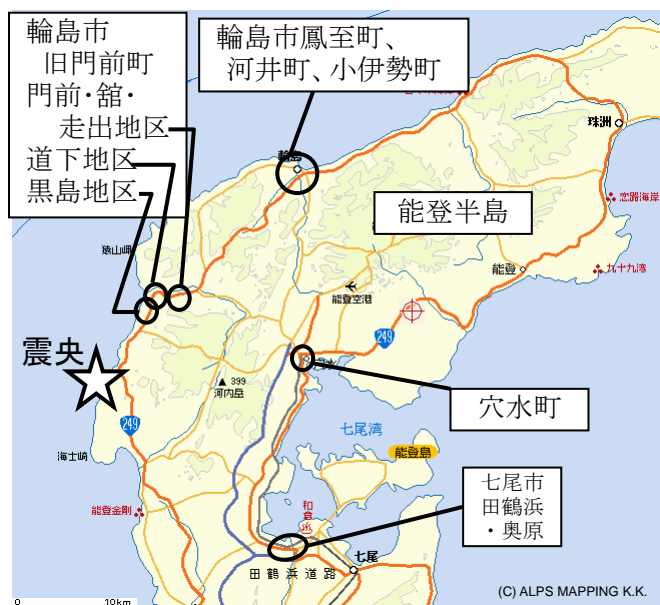


図 1 平成 19 年能登半島地震の震央と本報告の調査
(ただし、震央位置は気象庁¹⁾による)

表 1 国総研・建研の調査地と調査日

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
	道下地区	3/26	3/31
	黒島地区	3/26, 4/2	
	鹿磯地区	4/2	
穴水町大町地区	3/27		
七尾市田鶴浜地区・奥原地区	3/27		
七尾市中島町西岸地区	3/30		

3. 旧門前町地域の被害分布

最も被害が大きかった旧門前町地域の門前・館・走出地区、道下、黒島地区、並びに穴水町大町地区において、倒壊した家屋（赤）、残留変形が 1/10 rad を超えるか、柱等の折損が戸外から明らかな程被害が大きい家屋（黄）、並びにそれ以外（青）を塗り分けた被害分布をそれぞれ図 2～5（上が北、個々の建築物が特定できないよう解像度を下げている）に示す。

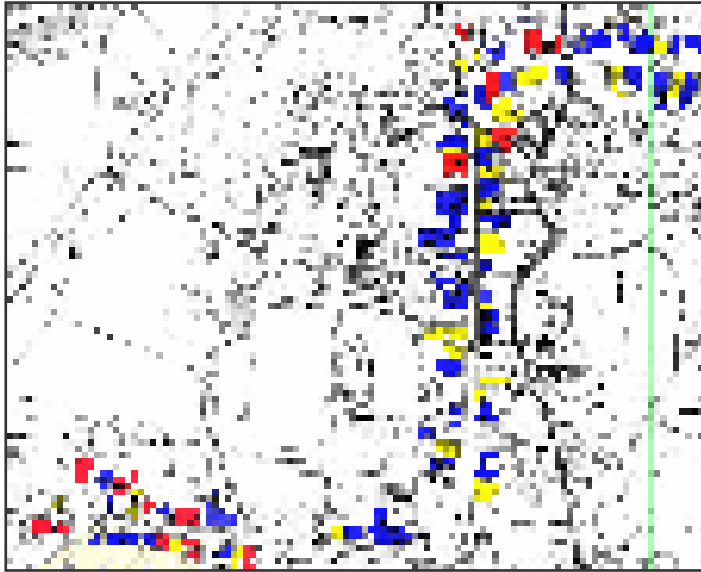


図2 門前・館・走出地区の被害分布

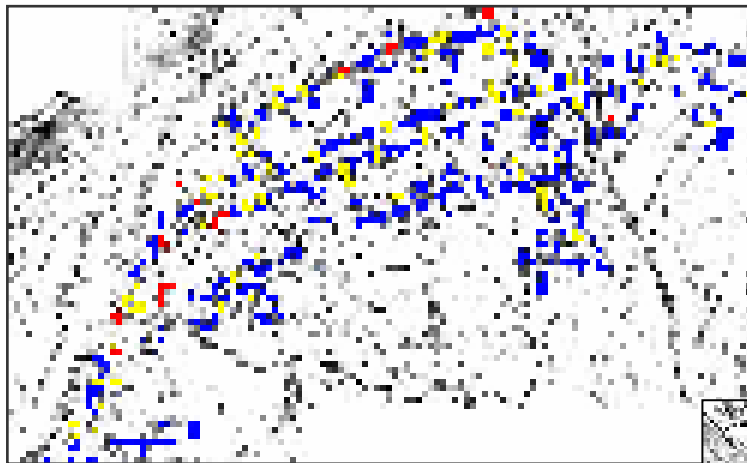


図3 道下地区の被害分布

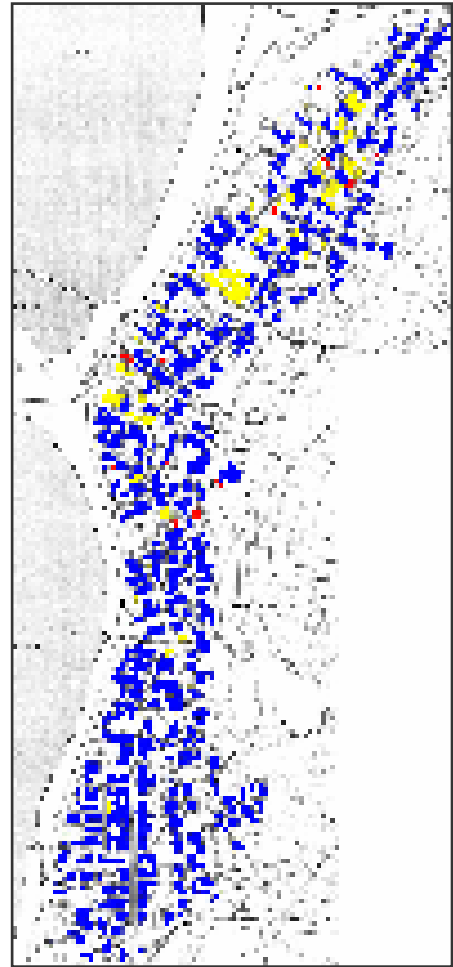


図4 黒島地区の被害分布

図2～5の凡例

- ：倒壊
- ：1/10 rad 超の残留変形等、
- ：残留変形が 1/10 rad を超えない等

注（図2～5共通）：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。

門前地区では西と北の方が、道下地区では八ヶ川に近い方が、黒島地区は道下地区に近い方が、大きな被害は多いように見受けられる。なお、以上の赤黄青の区分は応急危険度判定や自治体が発行する罹災証明とは関係がない。

穴水町大町地区では、赤と黄が図中の左下（穴水駅周辺）に多いことが分かる。

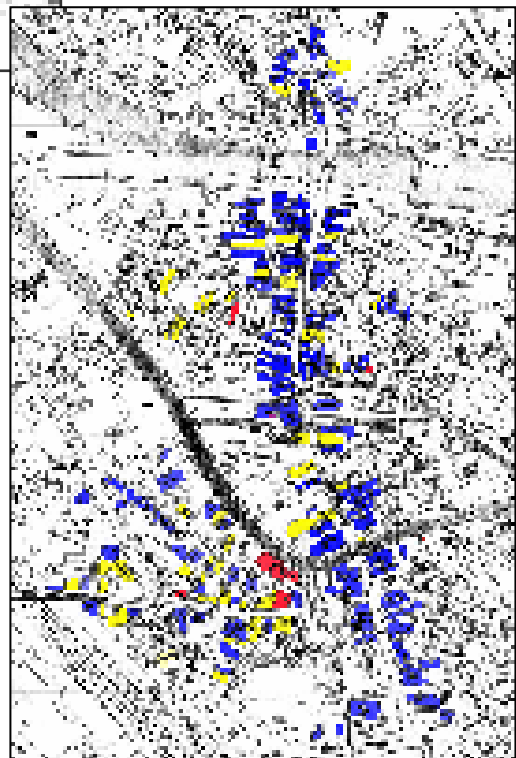


図5 穴水町大町地区の被害分布

4. 被災木造建築物の詳細調査

(1) 調査内容と方法

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（表2、写真1）を対照として、以下に示す内容について詳細に調査した。採取した平面プランの例を図6～9に示す。

- ・ 建物の平面図を採取、又は所有している場合には拝借・複写、または撮影
- ・ 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

表2 詳細調査対象物件リスト

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	2	要注意	東 1/51	輪島漆師屋。土台が最大 9 cm ずれる。	作図
	W-2	56	3	—	0	前と後ろは 20 年前の増築。ほぼ無被害。	作図
	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。	作図
	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。	作図・ 入手
	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。	作図
	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。	作図
	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。	作図
	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。	撮影
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。	作図
	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	作図
	M-3	44	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	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。	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	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	2	危険	北 1/17	隅の柱折損	作図
	T-2	80	2	危険	西 1/30 南 1/30	礎石の上で土台が滑る。	作図
	T-3	45	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	2	危険	西 1/7 南 1/8	柱の折損多数。噴砂痕あり。	作図
	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。	作図
	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。	作図
	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。	作図
	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	作図



写真 1 詳細調査対象物件の外観

(2) 被災地の家屋の特徴

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6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6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7）もあった。漆器以外の店舗は、通り庭を維持した建物（図8）や維持していないもの（図9）などまちまちである。地区に限らず、概して言えることは、町屋形式の家屋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。

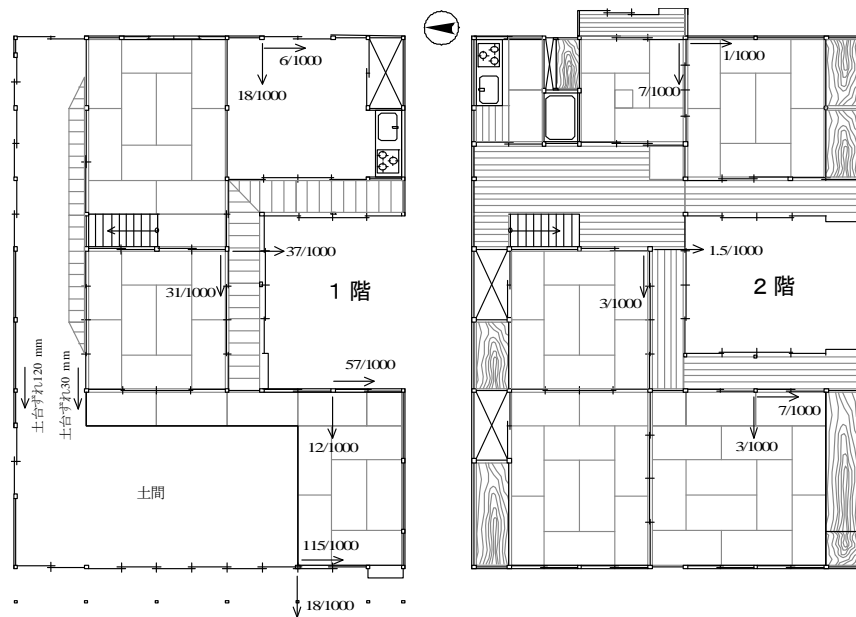


図6 M-4 平面プラン

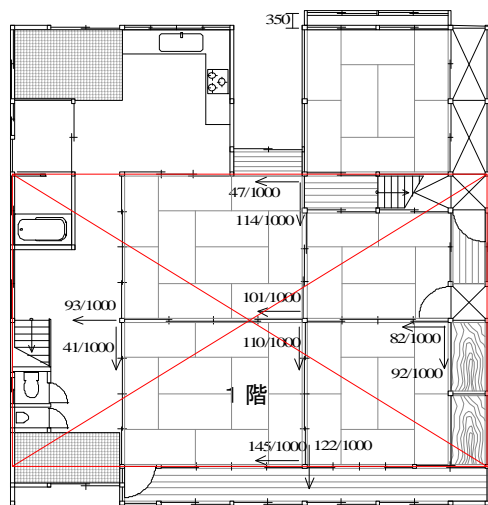
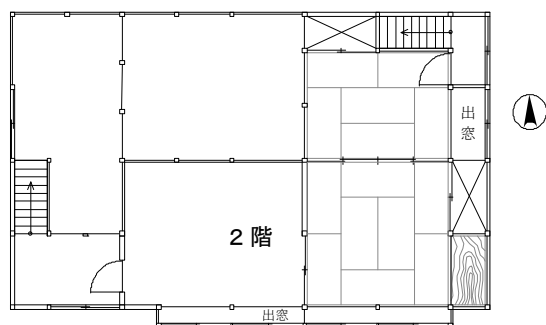


図7 T-4 平面プラン

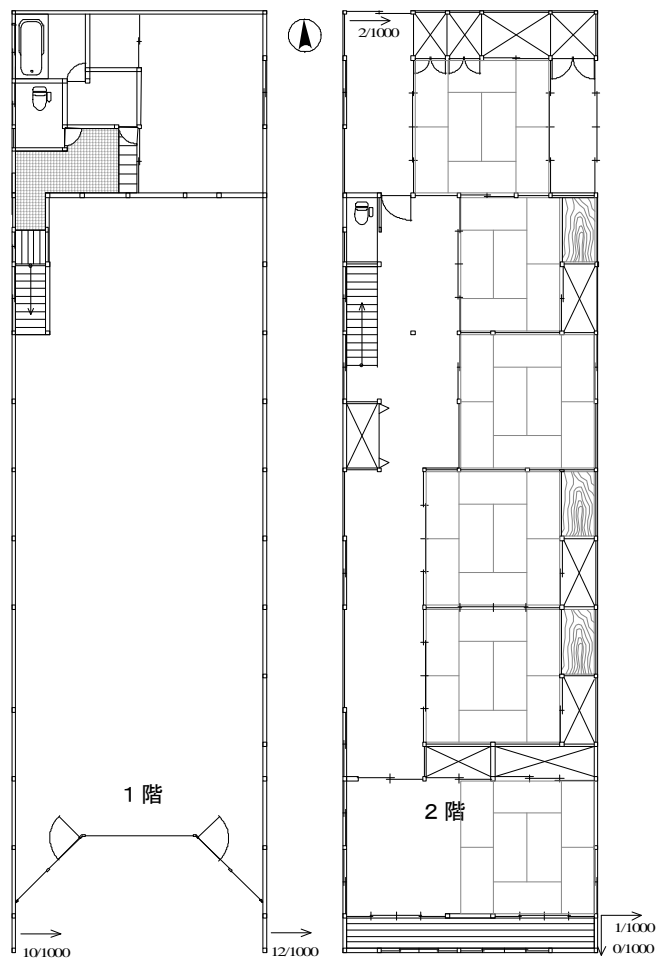


図9 W-5 平面プラン



図 8 W-4 平面プラン

(3) 調査建物の壁量

表 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関係性を考察した。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に限り、その評価方法は、開口低減係数³⁾を準用して表 3 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 4⁴⁾）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。

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、図 11 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。また、W-8 および M-5 に関するプロットは図中から抜いている。

表 3 有開口壁の評価方法

開口幅	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 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)

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 12, 13）⁵⁾ 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。

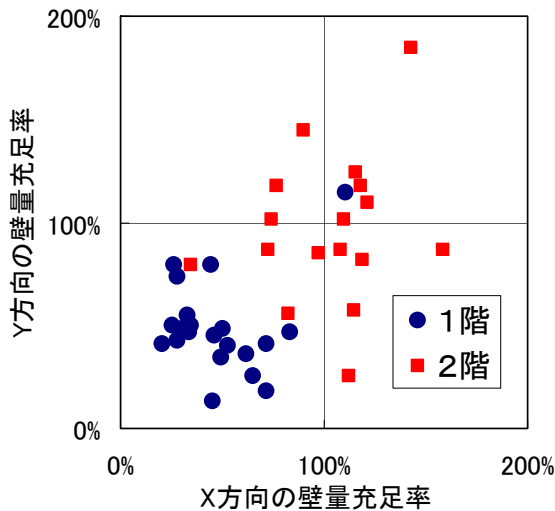


図 10 H19 能登半島地震詳細調査物件における基準法の壁量充足率

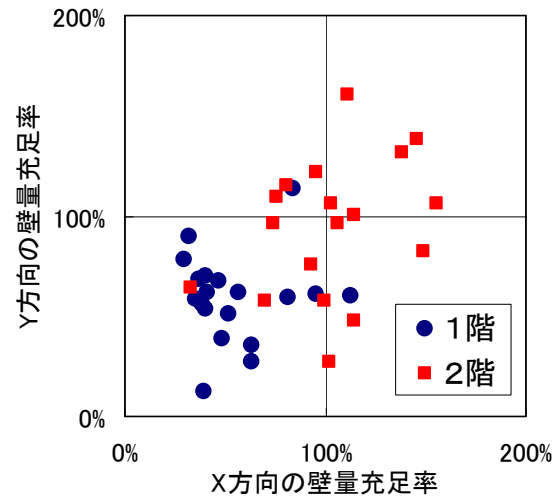


図 11 H19 能登半島地震詳細調査物件における品確法の壁量充足率

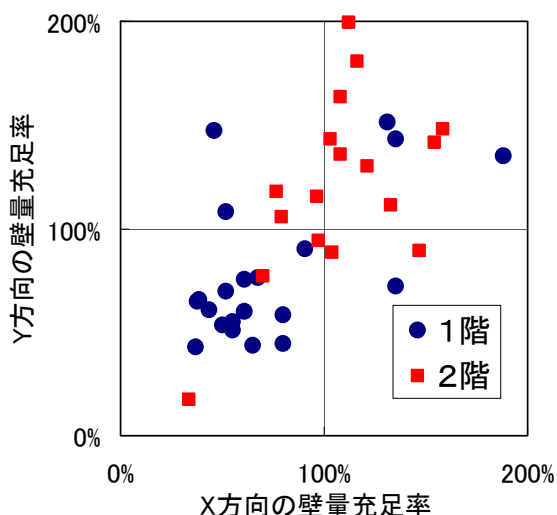


図 12 H16 中越地震詳細調査物件における基準法の壁量充足率

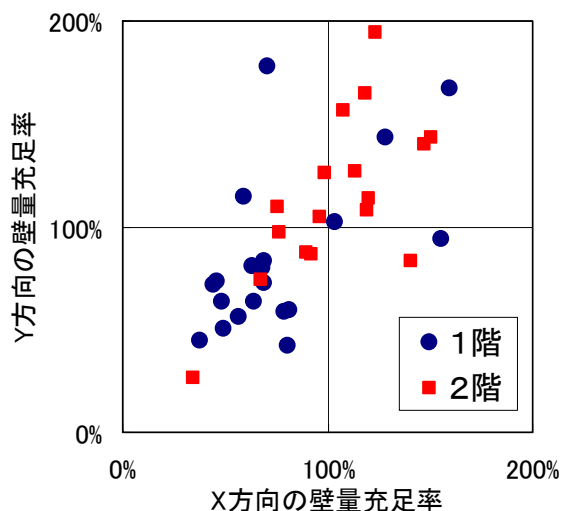


図 13 H16 中越地震詳細調査物件における品確法の壁量充足率

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 14 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 15 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。

(4) 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 16、図 17 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。

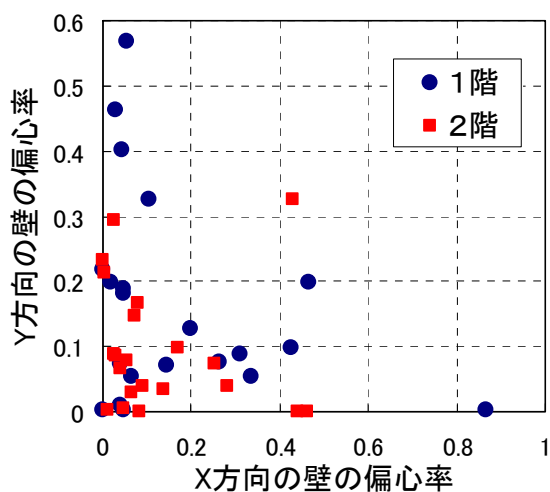


図 14 H19 能登半島地震詳細調査物件の偏心率

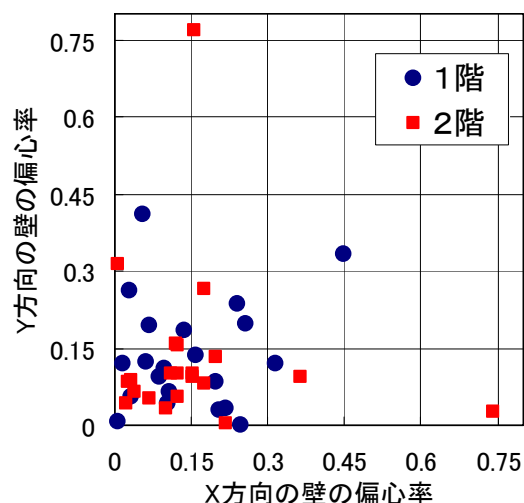


図 15 H16 中越地震詳細調査物件の偏心率

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 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 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 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。

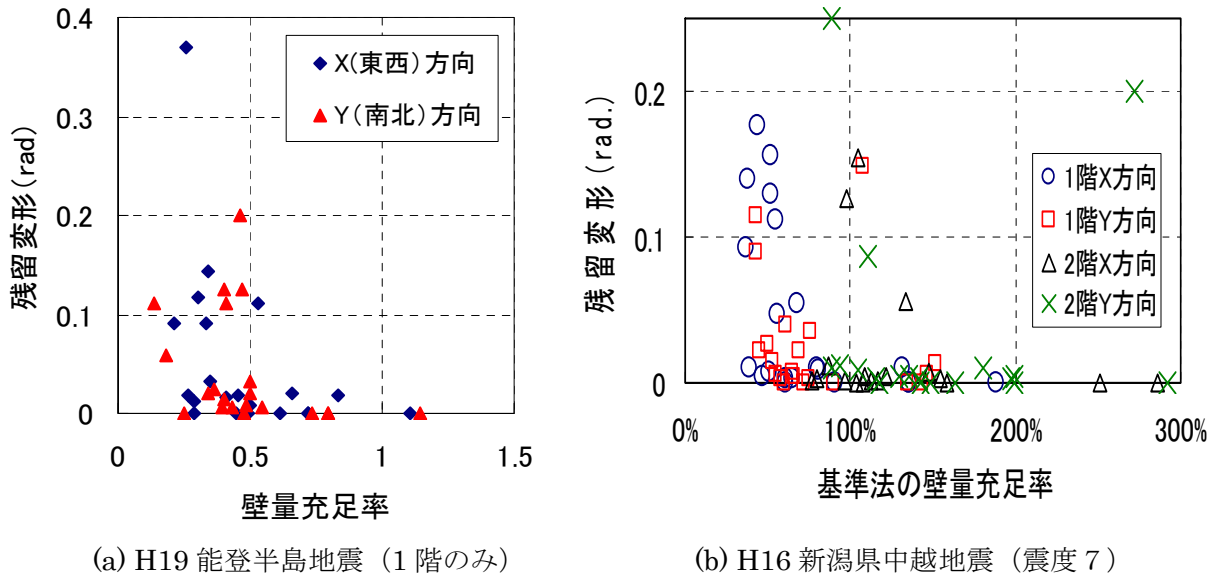


図 16 基準法の壁量充足率と残留変形の関係

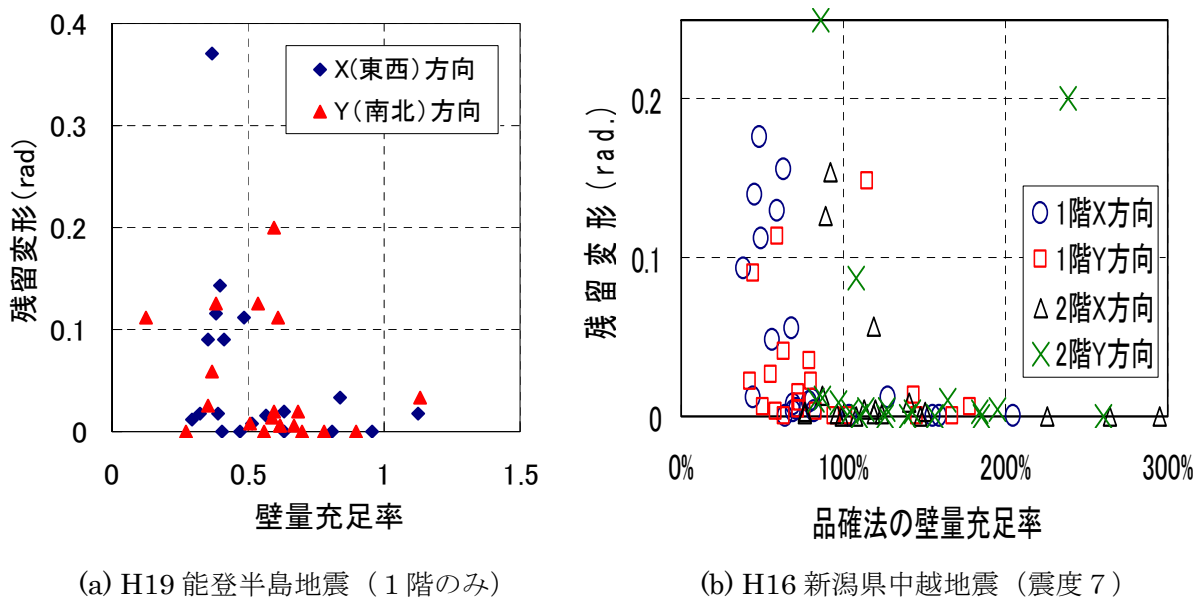
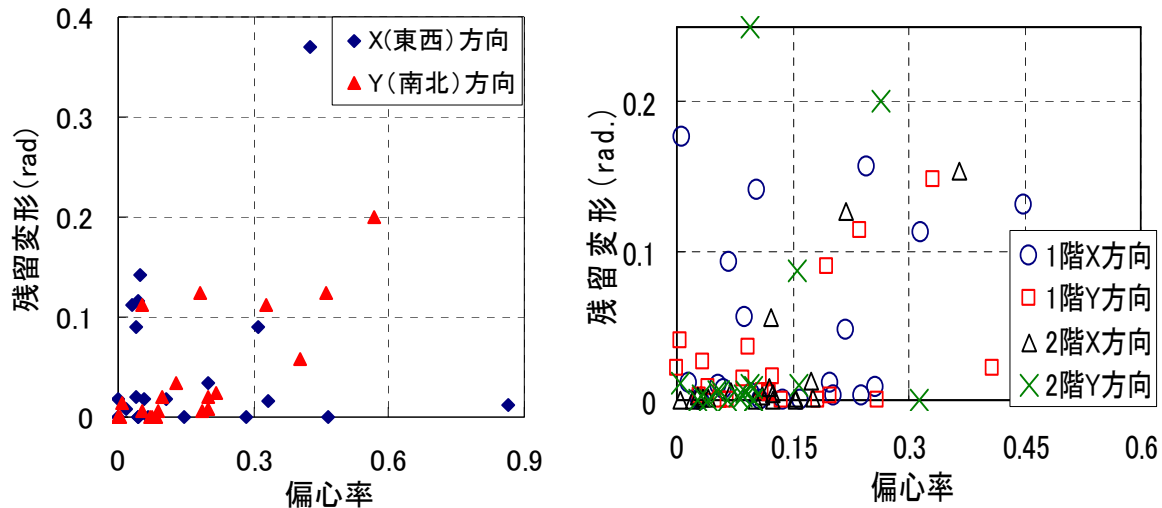


図 17 品確法の壁量充足率と残留変形の関係

(5) 偏心率と残留変形

また、偏心率と残留変形を比較して図 18 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ため構造耐力をいづ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、変身率の上昇に従って、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 18 偏心率と残留変形の関係

5. 木造建築物の被害のまとめ

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。

※ 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齊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。

文献等

- 1) 気象庁ホームページ：http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_03_25_noto/data.html
- 2) 輪島市門前町災害対策本部ホームページ：<http://ubcom.info/demo/detail.php?id=d000000126>
- 3) 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) 河合直人：建築技術 No. 608, p.124, 2000.
- 5) 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.

(4) 平成 19 年能登半島地震及び三重県中部の地震による天井被害

平成 19 年(2007 年)能登半島地震および三重県中部の地震(平成 19 年 4 月 15 日 12 時 19 分ころに発生)による天井の脱落被害が報告された。国土交通省国土技術政策総合研究所および独立行政法人建築研究所は、両地震による天井脱落の被害の情報のあった建物について現地で調査を行った。

平成 19 年能登半島地震の調査は、第 1 次調査を 3 月 28 日～3 月 30 日に行った。第 1 次調査は、加賀市、金沢市、七尾市、志賀町の体育館について行った。第 2 次調査を 4 月 9 日～4 月 11 日に行った。第 2 次調査は、七尾市、輪島市、穴水町、能登町の体育館について行った。これらの現地調査は文部科学省の協力を得て行った。調査対象の位置は図 1 に示す通りである。調査結果の概要を表 2 に示す。

三重県中部の地震の調査を 4 月 17 日に行った。亀山市のドライブイン建物と鈴鹿市の公営運動施設屋内プール棟について調査を行った。調査対象の位置は図 2 に示す通りである。調査結果の概要を表 3 に示す。

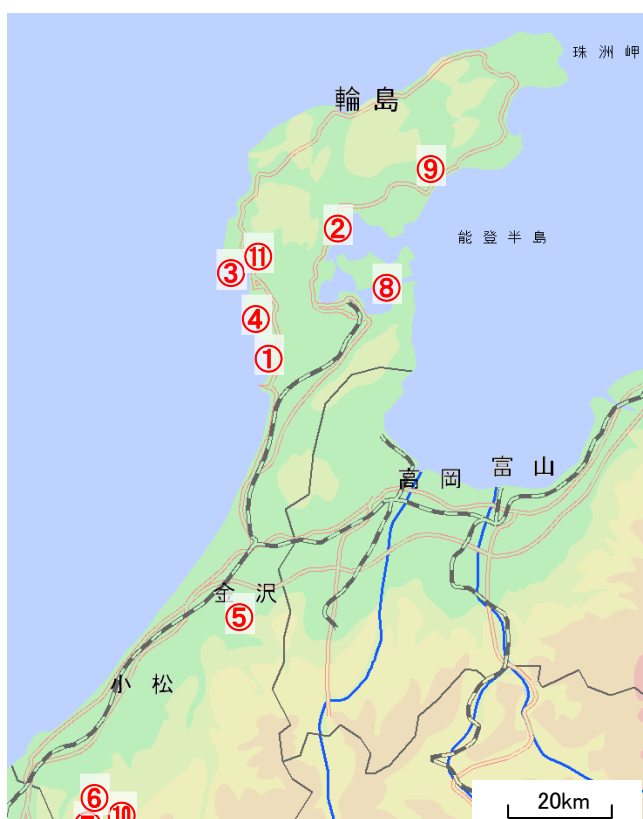


図 1 調査対象位置(平成 19 年能登半島地震)



図 2 調査対象位置(三重県中部の地震)

※ 図 1、2 は電子国土 Web システムの背景地図を利用したものである。各図内の丸数字は表 2、3 内の所在地欄の丸数字に対応。

表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)	三重県中部 の地震 (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 接着材 [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

※せっこうボード(厚さ9.5mm)の質量は、5.7~8.6kg/m²(JIS A6901:2005 掲載の参考値)。比重は約0.7。

ロックウール化粧吸音板(厚さ9mm)の質量は、約3.6kg/m²。比重は約0.4。

グラスウールボード(厚さ25mm)の質量は、約1.5kg/m²。比重は約0.06。

C型である建物Mの天井から脱落したルーバーの質量は、約3.7kg/m²。同様にC型の天井に用いられる金網の面材には、質量7kg/m²程度のものもある。

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。なお、B型に用いるグラスウールボードを高所から落とすと、図3のように落下する。

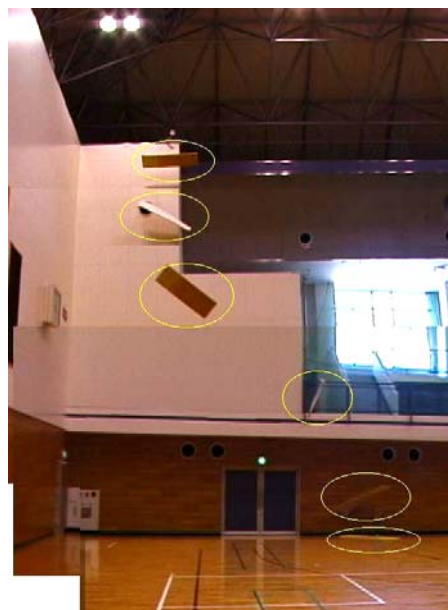


図3 グラスウールボードの落下状況
(文献1より)

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釧路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スポパーク松森の温水プールの天井脱落では、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2つの地震では、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、新たな検討を加える必要がある。

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:2001年3月24日芸予地震被害調査報告 一体育館など大空間を構成する建築物の天井落下一,平成13年5月25日

表2 平成19年能登半島地震 体育館天井被害概要表 1/2

建物名	体育館A	体育館B	体育館C	体育館D	体育館E	体育館F
所在地／建設	志賀町①／1977	穴水町②／1985	志賀町③／1987	志賀町④／1989	金沢市⑤／1999	加賀市⑥／1984
屋根及び体育館部分の構造等	屋根はS造山形屋根。RC造。学校体育館。	屋根はS造山形屋根(図面より)。RC造。2階建て建物の2階が体育館。学校体育館。	屋根はS造山形屋根。RC造。閉校した学校の体育館。	屋根はS造山形屋根。RC造。閉校した学校の体育館。	屋根はS造山形屋根。RC造。地下1階、地上2階建の2階に体育館。公共体育館。	屋根はS造山形屋根。1層はRC造、2層は鉄骨造(H形ハンチ柱+ブレース)。公共体育館。
体育館内観						
体育館アリーナ部分の内法寸法	桁行22.3m×張間17.7m 床から天井までは6.6m～8.4m (実測)	桁行32.8m×張間23.6m。 床から天井までは7.6m～9.7m。 (実測)	桁行26.3m×張間17.7m 床から天井までは7.7m～9.3m (実測)	桁行23.8m×張間17.7m 床から天井までは7.7m～9.3m (実測)	桁行36.7m×張間26.9m 床から天井までは7.0m～9.8m (実測)	桁行44.0m×張間4.0m 床から天井までは9.1m～13.7m (実測)
体育館の天井構成	天井面は円筒状。梁下で分割されている。 天井下地は軽量鋼製下地で、天井パネルは図面によると9mm厚のせっこうボードとのこと。 下地に振れ止めはない模様。 [A型]	天井面は中央部が平坦な山形。桁行方向にメインTバー、梁間方向にクロスTバーが配置される。天井パネルはグラスウールボード。 [B型]	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天井面が分かれている。桁行方向にメインTバー、梁間方向にクロスTバーが配置される。天井パネルはグラスウールボード。天井貫通材や照明の配置によりメインTバーが不連続になったり、クロスTバーが他の部分とは異なるモジュールで配置されたりしている。 [B型]	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天井面が分かれている。桁行方向にクロスTバー、梁間方向にメインTバーが配置される。天井パネルはグラスウールボード。 [B型]	天井面は円筒状。桁行方向にメインTバー、梁間方向にクロスTバーが配置される。天井パネルはグラスウールボード。軽鉄下地に水平の補強あり、斜め補強なし。照明器具取り付け下地に補強あり。 [B型]	桁行方向にクロスTバー、梁間方向にメインTバーが配置される。天井パネルは厚さ26mm程度のグラスウールボード。標準的な大きさは980×1,070mm。ボードの載るTバーに押さえ金物あり(各辺2個)。バー材の吊り長さは、アリーナ上部で20cm～80cm程度(図面より)、ランニングロード上部で約90cm～130cm(実測)。 [B型]
被害	バスケットゴールを昇降させるケーブルを中継する滑車の支持部材が天井面を貫通する箇所と壁際で、天井パネルがそれぞれ1枚ずつ脱落しかけている。ビスの頭抜けが見られる。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る。 屋根の梁が架かっている箇所の下方のアリーナ床面に白い粉が散らかっている箇所がある。	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(調査時には被害箇所の修理が終わっていた)。 ステージとは反対側の妻壁と取り合う箇所の材が一部新しくなっている。	グラスウールボード、Tバー及び金属部品等が多数脱落。特に照明器具の辺りで脱落している(写真)。断面がC型で薄くて部材長の長い金属材が落下している。同じような部材が、天井の勾配が切り替わる箇所に設けられた隙間を覆うように天井裏に取り付けられている。	グラスウールボード、Tバー及び金属部品等が多数脱落。特に妻壁際、照明器具部分、天井が桁と取り合う段違い部分の垂直面等の辺りで多く脱落している。 舞台と反対側の妻壁際で、長さ約1.3m、重量約800gのクロスTバーが複数本接合部で外れたり折れ曲がったりして、落下したのものがある。付近の床面に傷がある。	柱近くのグラスウールボード1枚が落下(写真)。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り。	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。ガラスの破損箇所に近い箇所で、ランニングロード上部の天井パネルが脱落している。
落下物など						
その他の被害		体育館の入る建物の1階ピロティ部分で腰壁が柱際で破損。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い。その他は構造的な被害はない。		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る。窓の被害は無し。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る。	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る。	窓ガラス13枚、窓枠9箇所。体育館職員によると、2段の窓の上段(グレーディング止め、引き違い窓を固定)のみ、南側の中央部に破損が集中していたとのこと(調査時には修理済み)。構造被害は、柱脚部に微細なクラックが見られる程度。

表2 平成19年能登半島地震 体育館天井被害概要表 2/2

建物名	体育館G	体育館H	体育館I	体育館J	体育館K
所在地／建設	加賀市⑦／1987	七尾市⑧／1991	能登町⑨／1985	加賀市⑩／1974	志賀町⑪／1984
屋根及び体育館部分の構造等	屋根はS造山形屋根。RC造。学校体育館。	屋根はS造山形屋根。RC造。体育館のある建物は3階建。体育館は1階にあり3階まで吹抜け。公共体育館。	屋根はS造山形屋根で鋼製折板。RC造。学校体育館。同校は昨年度で閉校。	屋根はS造山形屋根。RC造。学校体育館。	屋根はPC造の陸屋根。建物はRC造2階建て、2階が体育館。学校体育館。
体育館内観					
体育館アリーナ部分の内法寸法	桁行39.8m×張間33.7m 床から天井までは9.6m～13.7m (実測)	桁行33.7m×張間42.7m 床から天井までは9.8m～12.4m (実測)	桁行29.7m×張間16.7m。 (実測)	桁行29.4m×張間24.8m 床から天井までは7.1m～8.5m (実測)	桁行34.5m×張間22.7m 床から屋根梁下までは9.5m (実測)
体育館の天井構成	天井面は山形。菱形の照明部分と、六角形の天井ボード部分からなる。両部分の境界は金属フレームで出来ている。ボード部分では、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、照明部は金属網、ボード部はグラスウールボード。 [B型、C型]	天井面は、梁間方向について中央及び端部に平坦部があってその間は緩勾配。照明部分と天井ボード部分がある。桁行方向にクロスTバー、梁間方向にメインTバーが配置される。天井パネルは、照明部分は金網、天井ボード部分はグラスウールボード。 [B型、C型]	天井面は山形。梁間方向にTバーが配置される。HバーがTバーに留められていた形跡は見られなかった。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。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。 [C型]	天井面は中央部が平坦な山形。鋼製の枠(図面よりL-50×50×6で4辺2m)にワイヤーメッシュ及びグラスウールボード等が載った単位が吊られている。鋼製の枠は径9mm程度の丸鋼4本で母屋等の構造材から吊られており、隣り合った鋼製の枠は径9mm程度の丸鋼で連結されている。鋼製の枠1つの重量は40kgfと算定される。 [C型]	天井面は平坦。金属枠に金属網のはまったもので構成されており、後打ちのメカニカルアンカーとつりボルトで吊られている。昇降式のアリーナ照明は故障しており、動かさないように金属枠+金属網の部分にくくりつけてある。 [C型]
被害	グラスウールボード18枚が脱落。ボードが脱落した部分から見ると、Tバーにはボードの押さえ金物は見られない。クロスTバー1本が脱落している(写真楕円部分)。	妻壁際や天井の勾配が変化している部分でグラスウールボードが脱落。中央の水平部分でも1枚脱落。天井の回り縁が外れている部分あり(写真)。クロスTバーがメインTバーとの接合部分で外れている部分もある。	ほぼ全面で、ロックウール吸音板が落下している。軽量鋼製下地材の落下も見られた。	吊り材と鋼製の枠の溶接部分が切れて鋼製の枠が下がっている。丸鋼(径9mm、400mm)が落ちており、その他に詳細が不明な赤褐色の金属部材等が落下している(写真)。	3箇所をつりボルトが屋根下面から抜けており、その部分の天井面が下がっていた(写真円部分)。短いネジや金属製の部品が数個落下したとのこと。金属製の部品と同様の部品は、張間方向の端部で、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る。
落下物など					
その他の被害	舞台裏の通路上部の捨て張り工法による天井(実測で9mm厚せっこうボード+11.5mmロックウール吸音板)が左右を対象に破損脱落したとのこと。残っている材を見ると、吊りボルトの長さや上端部の止め方が場所によって大きく異なっている。	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る。ヒアリングによると1階観覧席の60ヶ所にひび割れが報告されたとのこと。スロープや座席床に幅2mm程度のひび割れがあった。建物周辺には、地盤の沈降による段差ができていた。	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。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る。		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。柱にわずかに曲げひび割れがある。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る。

