

平成19年能登半島地震被害調査報告



平成19年5月7日

発泡スチロール土工法開発機構
株式会社 建設企画コンサルタント

1. 調査目的：

- ① 土木構造物（擁壁・橋梁・斜面など）の地震被害状況
- ② E P S 構造物の地震被害状況

2. 調査員（敬称略）：

C P C：堀田，E D O：窪田，E D O 会員一岡三リビツク：大久保，カネパールサービス：田中，J S P：小山，積水化成品：中山・国松，太陽工業：浅田，石川，齋藤，ダウ化工：水野

3. 地震被害調査行程：

2007. 4. 18（水）

東京一能登空港ーレンタカー

石川県内の能登半島地域：輪島市内ー深田地区ー千枚田地区ー小出町ー七尾市ー穴水町ー志賀町ー中能登町ー能登町

4. 地震諸元（気象庁発表）

2007 年 3 月 25 日 9 時 42 分頃に能登半島西岸付近において M6.9 の地震が発生。地震諸元としては、深さ 11km、マグニチュード 6.9。石川県の七尾市、輪島市、穴水町で震度 6 強を、石川県の志賀町、中能登町、能登町で震度 6 弱が観測されている。その後も震度 5 弱の地震が複数回発生しており活発な余震活動が継続している。独立行政法人防災科学技術研究所では、『能登半島西方沖には、北東ー南西方向に延びる長さ約 20 km の南東傾斜の逆断層が活断層として確認されている。この断層の一部が今回の地震に関連した可能性が高い。』と発表している。本震の発震機構は、西北西ー東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ成分を持つ逆断層型である。震源地近くの強震記録の最大加速度は、防災科研の強震観測網である K-NET・KiK-net で記録された ISK006（K-NET 富来）観測点の 945gal、ISK005（K-NET 穴水）観測点の 902gal（三成分合成値）となっている。この穴水観測点では 104 カインと 100 カインを超える地震動が観測されており、今回の余震は能登半島北部沿岸に沿って北東ー南西方向の長さ約 40km に南東傾斜で分布している。この地震により、珠洲市長橋で高さ 22cm、金沢で高さ 18cm など、北陸地方で微弱な津波が観測されている。また、GPS 観測の結果によると、本震の発生に伴って、志賀町富来（しかまちとぎ）観測点（石川県羽咋郡（はくいぐん））が南西方向へ約 21cm の移動と約 7cm の隆起、穴水（あなみず）観測点（石川県鳳珠郡（ほうすぐん））で北西方向へ約 12cm の移動と約 2cm の沈降など能登半島を中心に地殻変動が観測されている。なお、現在までに顕著な余効変動は観測されていない。また、能登半島地震に関する地形・地質学的な緊急調査が 3 月 26 日～31 日に実施されている。調査は、地震のメカニズムが逆断層成分を伴っており、余震域の一部が能登半島の北西部に延びていることから、海岸部では目視できる規模の地殻の上下変位が生じていることが予測されていた。海岸線における地震性地殻変位の有無、陸域における地震断層の出現の有無を確認することを目的に、輪島市門前町と鳳至郡志賀町を中心に行われている。その結果、余震域と一致する地域で最大約 40cm の海岸隆起、なら

びに最大沈降量約 10cm の上下変位が生じていることが発見され、内陸において小規模な地震断層が出現したことが確認されている。図-4.2 に各港湾における地震後の海面とカキの分布上限高度との差を計測し、検潮所および電子基準点がある輪島港付近の計測値と比較し、地震による地殻の上下変位を検出された輪島港に対する相対的な上下変位量を示す。各地点の変位量は、概ね 5 点での計測値の平均、青丸は図-4.3 の断層モデルによる各地点での計算値、青破線は図-4.3 の断層モデルによる A-B 測線での計算値を投影。

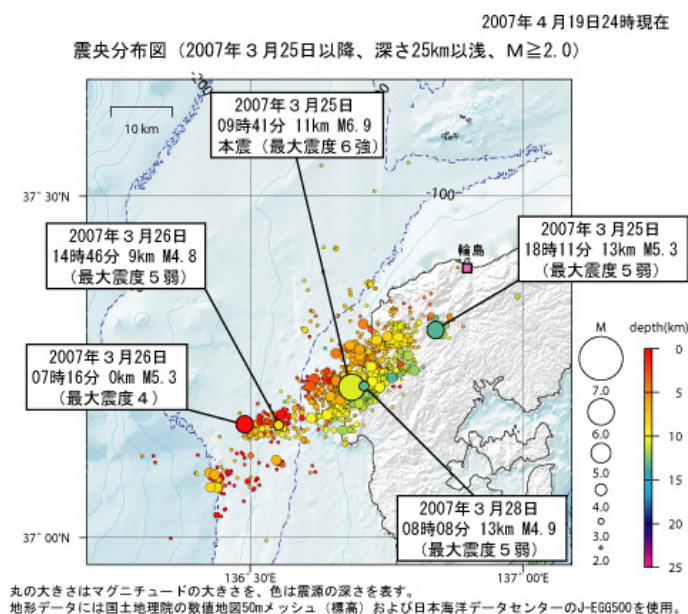


図-4.1 本震の震央位置ならびに余震分布

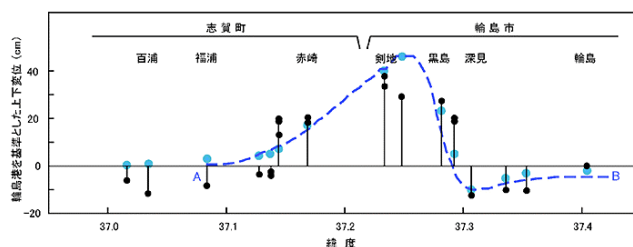


図-4.2 能登半島地震に伴う半島北西岸の海岸線上下変位量

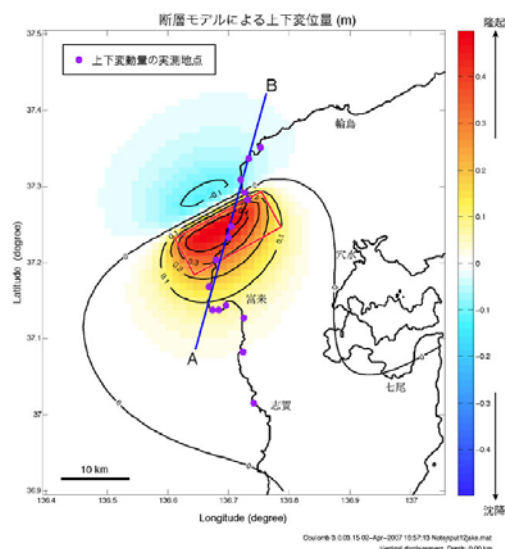


図-4.3 本震の断層モデルによる上下変位量

内陸である輪島市門前町中野屋の地震断層調査結果として、輪島市門前町中野屋地区などに小規模な地震断層が出現したことが金沢大学理学部の石渡 明教授によって3月27日に発見されている。中野屋地区の地震断層は、北緯37.31795°・東経136°79239°付近で県道38号輪島浦上線を東北東～西南西に横切り路側に右ずれ8cmの変位を与えている（写真-4.1参照）。



写真-4.1 地震断層

総務省消防庁などの調べでは、表-4.1に示すように5月7日時点で死者1名、負傷者331名となっている。なお、能登地方では、1993年2月7日22時27分にも地震が発生し、この地震は「能登半島沖地震」と呼ばれている。この地震は、マグニチュードはM6.6、震源の深さは25km、最大震度は輪島で震度5であった。今回の地震を気象庁では「平成19年能登半島地震」と命名している。

表-4.1 平成19年能登半島地震被害状況

石川県の地震被害	
死者	1
負傷者	331
全壊家屋	595棟
半壊家屋	11,609棟

【地表面加速度分布ならびに強震記録】

図-4.4に本震の地表面最大加速度分布を示している。

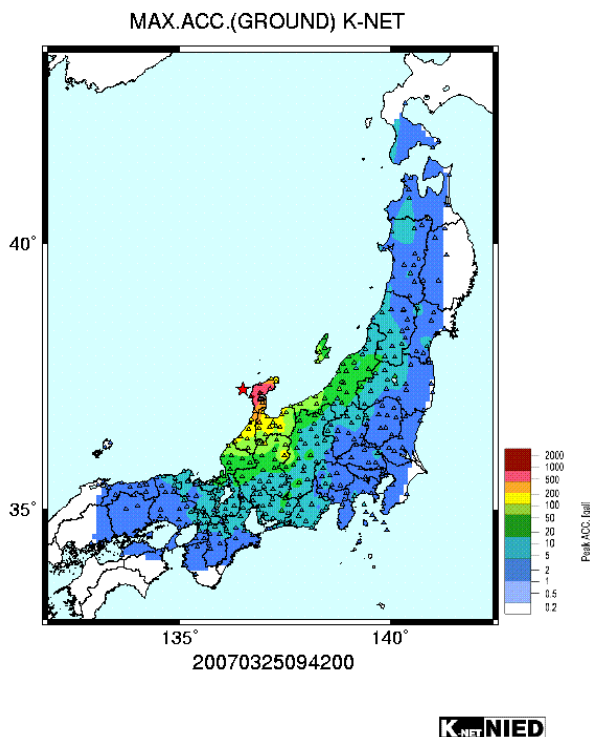


図-4.4 本震の地表面最大加速度分布

本震の地表面最大加速度分布から、大きな揺れが石川県能登半島地方一帯で生じていたことが確認される。K-NETにて観測された本震の強震記録波形を図-4.5に示す。同記録は、志賀町富来（しまちとき）にて観測されたもので、本震波形は東西成分が卓越した地震動であり、鉛直動も381gal発生しているのが確認される。同地点では、計測震度が6弱となっており、地震動による被害が集中していたことが窺われる。

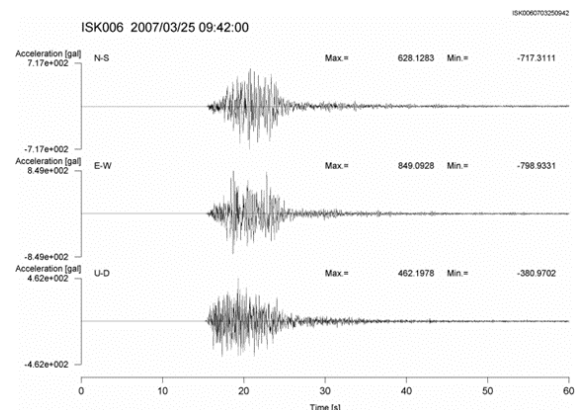


図-4.5 本震で観測された加速度波形（K-NET富来（ISK006））

また、大きな被害があった穴水町（計測震度6強）においても本震時の強震動が観測されている。その速度応答スペクトル（図-4.6参照）を見ると、木造家屋に大きな影響を及ぼす周期1～2秒の成分が、1995年兵庫県南部地震と比較すると中央区葦合の記録には及ばないものの神戸海洋気象台での記録にほぼ匹敵している。さらに、防災科学技術研究所などによると、この地震の本震の地震波に長周期パルス波が含まれていることが確認されている。震央に近い地域では、まず周波数1秒以下の速い振動によって建物に亀裂が入り、その後、周波数1～2秒の遅い振動（長周期パルス波）によって建物が大きく揺れて大きな被害を齎すと考えられており、俗称「キラーパルス」と呼ばれている。これは、兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）においても被害を齎した。震源に近い能登半島北部などには、この長周期パルス波に弱い建物が多く、この影響を受けて被害を受けた建物が多数あったと考えられている。

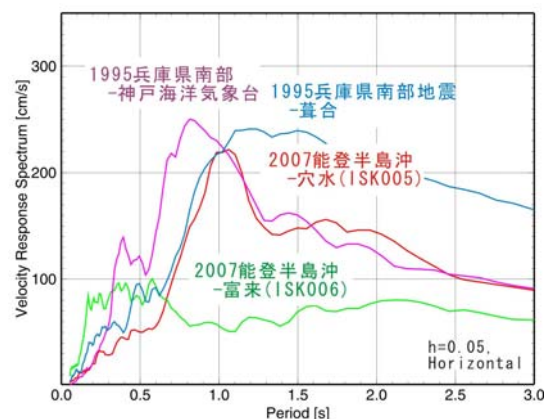


図-4.6 兵庫県南部地震の強震記録との速度応答スペクトルの比較（水平2成分の幾何平均）

5. 各地の地震被害状況

我々がまず感じたのは、当該地点の地形・地質の影響による被害が多く発生していたことである。地震動による地すべり、表層すべり等の土砂災害が多く発生している。また、地盤の液状化現象などでの地盤のゆるみによる斜面崩壊、家屋倒壊が、多くの被害を発生させたものと想定される。

石川県輪島市で女性が倒れてきた石灯籠で頭を強打して亡くなったほか、石川県・富山県を中心に負傷者が331人も出た。震源を中心に家屋倒壊・道路崩落や、電気・ガス・水道などのライフラインの寸断が発生し、震源地に近い沿岸部や富山県の水見漁港などでも液状化現象も発生した。また、交通の被害が大きく、JR西日本金沢支社内の全路線がストップし、北陸本線で終日、運転が見合わされた。七尾線は翌26日に始発から営業再開した。七尾と穴水を結んでいる能登鉄道では、25ヶ所の敷石の隆起と沈降が見つかり、復旧工事が施された。能登空港は滑走路に22ヶ所の亀裂が見つかって閉鎖された。25日から緊急補修工事が行われ、26日の未明に復旧した。能登有料道路の徳田大津IC～穴水IC間で、数ヶ所の道路崩落が生じ、乗用車などが一時的に取り残された。道路全線の完全復旧は一年以上は掛かると言われているが、4月27日に崩落箇所迂回路を仮設するなどして暫定的に全線開通した（ただし、別所岳サービスエリアは復旧工事用基地として使用するため一般供与は当面見合わせられている）。以下に輪島市内の地震被害状況を示す。

ー輪島市ー

輪島市内では、道路被害27箇所このほり家屋の全壊は446棟、半壊8,127棟（一部損壊含む）となっている。特に国道249号（輪島～珠洲間）では、斜面崩壊・落石や路面陥没が9ヶ所にて発生している。



写真-5.1 輪島市袖ヶ浜海岸沿いの斜面崩壊
（凝灰質シルト岩の風化面に沿った崩壊）



写真-5.2 輪島市袖ヶ浜海岸沿いの斜面崩壊
（凝灰質シルト岩）



写真-5.3 輪島市深見町地内の国道249号路面陥没



写真-5.4 輪島市深見町地内の国道249号の斜面崩壊



写真-5.5 輪島市深見町地内の国道249号の斜面崩壊



写真-5.6 輪島市大川町地内の国道249号の斜面崩壊



写真-5.7 輪島市大川町地内の国道249号の斜面崩壊

6. E P S構造物の被害状況

E P S（発泡スチロール土工法）構造物は、石川県内での施工量として、平成18年12月までで施工件数149件、6.7万 m^3 となっている。この施工量は、日本全国全体のE P S構造物施工量の1.7%にあたる。石川県内の主な発注者ごとのE P S構造物施工実績を表-6.1に示す。同表より、国土交通省の国道（8号、159号、160号、百々道路、鹿島バypass）で多くのE P S盛土（19件、5,911 m^3 ）が構築されており、また高速道路株式会社（旧JH）の北陸自動車道 月浦ICでもE P S盛土が3件、2,035 m^3 が構築されている。さらに、今回の地震の震央位置にあたる石川県県土木の奥能登土木総合事務所（旧輪島土木事務所）では、非常に多くのE P S盛土（22件、16,671 m^3 ）が構築されているのが確認される。

そこで、E P S開発機構ならびに会員によるE P S盛土の地震被害調査を実施した。図-6.1に能登半島内での代表的なE P S盛土の施工サイトを示す。被害調査は、同地点を主に行っている。以下に地震被害調査結果を示す。なお、調査番号は、図-6.1中の番号と対応している。

表-6.1 石川県内のE P S構造物施工実績一覧

発注者		件数	施工量
国土交通省 北陸地方整備局	金沢河川国道	16	4,904
	能登空港	3	927
	手取川ダム	1	80
日本道路公団 北陸支社	金沢工事	2	1,913
	金沢管理	1	122
石川県	奥能登土木総合	22	16,671
	県央土木総合	19	10,763
	津幡土木	2	198
	石川土木総合	20	10,129
	大聖寺土木	2	1,636
	中能登土木総合	6	383
	羽咋土木	2	722
	農林業公社	1	3,646
	道路公社	4	1,940
	七尾土地改良	3	1,069
	羽咋土地改良	2	166
	八ヶ山ダム	1	632
	企業局	1	522
	中能登農林総合	1	358
	石川農林総合	1	227
	加賀農林	2	464
市町村	金沢市	12	5,207
	七尾市	1	1,002
	小松市	3	861
	加賀市	2	125
	羽咋市	2	28
	宇ノ気町	3	592
	穴水町	1	53
	鹿西町	1	44
	山中町	1	40
	辰口町	1	39
	北陸電力	4	875
民間	その他	6	811

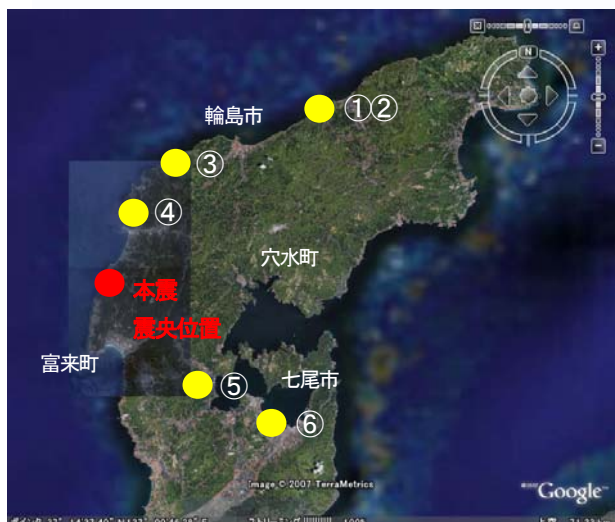


図-6.1 能登半島内の代表的なE P S盛土の施工地点

（図中の番号は、以下に示す調査地点 No に対応）

① 輪島市白米町千枚田地区の国道249号E P S盛土

当該地点は地すべり地帯で、国道249号道路改良工事として1988年に構築されたE P S盛土である。ここは、千枚田として有名な景勝地であり、E P S工法を採用するにあたっては、景観と地下水対策に種々の検討がなされている。今回の地震では、当該地点は震度6強であり、被害調査の結果、今回の地震に対しては路面・壁面ともに良好で変状は生じていないことを確認した。ただし、地震の影響ではなく壁面に基礎地盤の沈下によって、石張りにクラックが入っているのが確認された。



写真-6.1 輪島市白米町千枚田地区E P S盛土の看板



写真-6.2 輪島市白米町千枚田地区
国道249号のE P S盛土の全景



写真-6.3 輪島市白米町千枚田地区
国道249号のE P S盛土の壁面状況



写真-6.4 輪島市白米町千枚田地区
国道249号のE P S盛土の路面状況
(路面は良好で変状無し)

② 輪島市深見町地区の国道249号E P S盛土

当該地点も地すべり地帯で、国道249号道路改良工事として1989年に構築されたE P S盛土である。千枚田地区に隣接しており、E P S工法を採用するにあたっては、斜面安定に種々の検討がなされている。今回の地震では、当該地点でも震度6強であり、被害調査の結果、路面・壁面ともに良好で変状は生じていないことを確認した。



写真-6.5 輪島市深見町地区
国道249号のE P S盛土の全景



写真-6.6 輪島市深見町地区
国道249号のE P S盛土ののり面状況
(路面・のり面ともに良好で変状無し)

③ 輪島浦上線（輪島市）の道路拡幅E P S盛土

輪島市に位置する県道 38 号輪島浦上線にE P S盛土が施工されている。当該地点は地すべり地帯であり，石川県輪島土木事務所（現奥能登土木総合事務所）では種々の工法を検討した上で最終的にE P S工法が採用されている。E P S盛土の形状は，道路拡幅盛土で盛土高さは約6～15mである。今回の地震では震央近傍に位置し震度6強であったが，調査の結果，路面・壁面ともに良好で変状は生じていないことを確認した。



写真-6.7 輪島浦上線の道路拡幅E P S盛土の全景



写真-6.8 輪島浦上線の道路拡幅E P S盛土

壁面状況：壁面は良好で変状無し



写真-6.9 輪島浦上線の道路拡幅E P S盛土

（現在，橋梁工事が施工中）



写真-6.10 輪島浦上線の道路拡幅E P S盛土

壁面状況：良好で変状無し

④ 輪島浦上線（輪島市）の道路拡幅E P S盛土

輪島市に位置する県道38号輪島浦上線にE P S盛土が施工されている。当該地点も地すべり地帯であり，石川県奥能登土木総合事務所がE P S工法が採用されている。E P S盛土の形状は，道路拡幅盛土で盛土高さは約9mである。今回の地震では震央に最も近いE P S盛土で震度6強であったが，調査の結果，路面・壁面ともに良好で変状は生じていないことを確認した。



写真-6.11 輪島浦上線の道路拡幅E P S盛土の全景



写真-6.12 輪島浦上線の道路拡幅E P S盛土

壁面状況：壁面は良好で変状無し



写真-6.13 輪島浦上線の道路拡幅EPS盛土
路面状況：路面は良好で変状無し

⑤ 七尾市農道（中島町）のEPS盛土

七尾市中島町に位置する農道に踏切工事としてEPS盛土が施工されている。当該地点は軟弱地盤でもあり、石川県七尾土地改良事務所では種々の工法を検討した上で最終的にEPS工法が採用されている。EPS盛土の形状は、逆台形形状での道路盛土で盛土高さが約1.5mである。今回の地震では、当該地点は震度6強であったが被害調査の結果、路面・側面ともに良好で変状は生じていないことを確認した。



写真-6.14 七尾市農道(中島町) EPS盛土の路面状況



写真-6.15 七尾市農道(中島町) EPS盛土の路面状況

⑥ 七尾和倉線（七尾市）の道路拡幅EPS盛土

七尾市に位置する七尾和倉温泉間の市道に擁壁改良工事としてEPS盛土が採用されている。EPS盛土の形状は、道路拡幅盛土で盛土高さが約5mである。今回の地震では、当該地点は震度6強であったが調査の結果、路面・壁面ともに良好であることを確認した。



写真-6.16 七尾和倉線の市道でのEPS盛土の全景

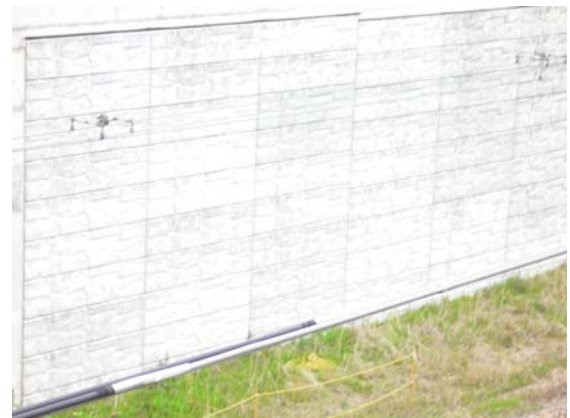


写真-6.17 七尾和倉線の市道でのEPS盛土の壁面状況
（壁面も良好で変状無し）

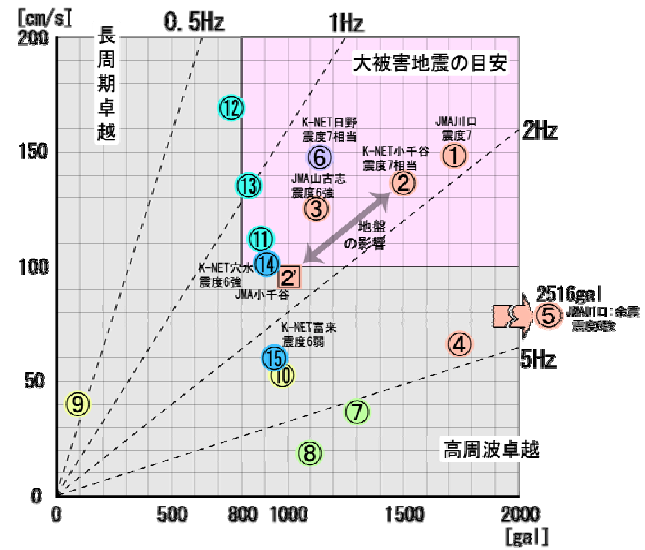
7. まとめ

今回の平成19年能登半島地震は、マグニチュード6.9にもかかわらず、震源深さ11kmと浅い地震であったことから地表面加速度値が非常に大きくなり、地震被害が多く発生したものと想定される。また、同地区には地すべり地帯が多く、斜面のすべり、道路盛土のすべり崩壊が発生し、液状化による構造物への影響など非常に多岐に亘る被害が発生していた。今回の地震被害調査は余震が心配される中、能登空港からの輪島地区へのアプローチを実施した。道路構造物の設計に携わる技術者として、直下型地震による被害状況を目で見て、頭で考え考察し、更なる耐震技術の設計・施工に活かしたいと考える。最後に地震被害にて亡くなられた方のご冥福を祈ると共に、まだ避難生活をされている方々が一日も早く通常の生活に戻られんことを願います。

【 既往の地震観測結果による最大加速度 (PGA) ・最大速度 (PGV) と地震被害の関係：気象庁資料 】

図中の○で囲んだ数字は、下表最右欄に示した地震に対応する。

- ・ ピンクで示したのは、PGV が 100cm/s 以上かつ PGA が 800gal 以上の領域で、川瀬 (1998) が示した構造物に対し大きな被害が発生する目安である。
- ・ 点線で示したのは、等価卓越周波数 (PGA/PGV/2 π) が、0.5, 1.0, 2, 5Hz。
- ・ ①②③⑥⑪⑫⑬は周期 1-2 秒前後の木造・中低層構造物の被害を引き起こす周期帯の地震波が卓越しており、速度・加速度共に大きな値を示している。
- ・ ⑨は速度に比して加速度が極端に小さく、通常の構造物に対しては被害を及ぼしにくいと考えられるが、長大構造物 (超高層ビル・長大橋・大型タンクなど) の被害を引き起こす長周期地震動。
- ・ ⑦⑧は加速度に比して速度が極端に小さいため、通常の構造物に対しては被害を及ぼしにくいと考えられる。
- ・ □2' は、ちょうど境界領域であると言える。



K-NET, KiK-net の主要 (特徴的な) 記録の最大速度・最大加速度

地震名	日時 (JST)	観測点名	最大加速度 [gal]				最大速度 [cm/s]				備考	
			北南	東西	上下	3成分	北南	東西	上下	3成分		
新潟県中越地震	2004/10/2 3,17:56	気象庁川口	1142	1676	870	1722	50.3	146.0	82.9	148.3	震度 7	①
		K-NET 小千谷	1144	1308	820	1500	97.5	128.7	39.0	136	震度相当値 7	②
		気象庁小千谷	779	897	730	1007	65.6	84.1	28.1	95.3	震度 6 強	②'
		気象庁山古志	524	722	1059	1132	107.2	88.5	56.4	125.3	震度 6 強	③
		K-NET 十日町	1716	849	564	1750	53.1	50.0	13.6	65.5	震度相当値 6 強、	④
新潟県中越地震 (余震)	2004/10/2 3,18:34	気象庁川口	1639	2036	549	2516	42.5	66.5	17.0	68.0	震度 6 強。加速度本震より大。	⑤
鳥取県西部地震	2000/10/0 6,13:30	KiK-net 日野	923.9	755.9	775.9	1142	127.1	83.3	56.0	147.2	震度相当値 7	⑥
宮城県沖地震	2003/05/2 6,18:24	KiK-net 住吉	729.6	723.1	1280	1304.5	31.4	31.8	17.0	36.6	高周波卓越	⑦
		KiK-net 陸前高田	887.9	555.8	636.6	1098.0	17.2	12.0	9.47	18.2	高周波卓越	⑧
十勝沖地震	2003/09/2 6,04:50	K-NET 苫小牧	86.7	72.9	33.0	89.3	31.4	38.9	16.0	40.0	長周期卓越	⑨
		K-NET 広尾	809.5	969.8	461.2	985.8	43.5	46.7	24.3	52.4		⑩
兵庫県南部地震	1995/01/1 7,05:46	神戸海洋気象台	818.0	617.3	332.2	891.0	96.5	80.3	42.9	112.1		⑪
		JR 鷹取	608	645	280	759	129.7	135.8	12.6	169.1		⑫
		葺合 (大阪ガス)	688.0	800.7	N/A	835.8	59.6	126.9	N/A	134.6	上下動なし。	⑬
能登半島沖地震	2007/03/2 5,09:42	K-NET 穴水	473	782	556	903	34.6	98.7	18.6	103.7		⑭
		K-NET 富来	717	849	462	945	38.4	50.5	21.4	60.1		⑮

注：上記表中の『3成分』は『3成分ベクトル合成最大値』