

2023年能登半島沖の地震で発生した地震動と建物被害の対応

汐満 将史*・中澤 駿佑**・境 有紀***

* 山形大学

** 宇都宮大学

*** 京都大学防災研究所

要 旨

2023年5月5日に発生した能登半島沖の地震において、震度5強以上を記録した強震観測点の建物被害調査を行い、発生した地震動の性質との対応性について検証した。被害調査の結果、K-NET正院周辺で全壊した建物が複数見られ、木造全壊率は10.5%に達したが、その他の観測点では、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は見られなかった。発生した地震動の性質を分析したところ、K-NET正院では建物の大きな被害と相関がある周期1-1.5秒の応答が大きく、これが全壊した木造建物が見られた要因と考えられる。その他の強震記録は、震度と相関がある周期1秒以下の短周期が卓越している一方、周期1-1.5秒の成分は小さく、そのため、これらの観測点周辺で大きな被害を受けた建物が見られなかったと考えられる。

1. はじめに

2023年5月5日に発生した能登半島沖を震源とする地震 ($M_j 6.5$) では、最大震度6強の強い揺れが観測された。本稿では、筆者らが行った強震観測点周辺の建物被害調査と、発生した地震動の性質との対応性について検証した結果を報告する。

2. 調査の概要

調査の対象とした強震観測点は、震度5強以上を記録した図1に示す6点とした。なお、K-NET大谷（兼珠洲市大谷町震度計）の震度は、気象庁発表では5強であるが、防災科学技術研究所と筆者らの計算では震度6弱となっており、本稿では、計算方法を揃えるため、筆者らが算出した結果を用いることとする。調査は、2023年5月13～14日に行った。調査範囲は、観測点から半径200m以内とした。半径200m以内としたのは、強震観測点で観測された地震動とできる限り同一の揺れとみなせるように観測点近傍に範囲を限定すること、建物被害率を算出するために充分な数の建物が存在することの相反する2つの条件を考慮した結果である（例えば汐満ら、2024））。範囲内のすべての建物について、外観から被害レベル、構造種別（木造、非木造）を判定し

た。被害率算出のための被害レベルは、全壊（岡田ら、1999）、大破（日本建築学会、1980）という大きな被害のみとした。なお、寺社、倉庫、蔵等や地盤被害、基礎の被害を受けた建物は対象外とし、建物棟数と被害棟数にはカウントせず、後述する建物分布図にも記載していない。つまり、調査範囲内の寺社や倉庫等を除く全ての建物の振動による上部構



図1 調査した観測点の位置

造の被害を対象とした。

3. 被害調査結果

3.1 観測点周辺の被害状況

(1) K-NET大谷（兼珠洲市大谷町震度計）

観測点は、珠洲市大谷小中学校の敷地内に設置されており（写真1）、範囲の北側には海がある（写真2）。観測点周辺の建物分布図を図2に示す。周辺（写真3～5）には30棟の建物があり（うち木造建物28棟）、瓦屋根に被害を受けた木造建物（写真6）が見られたが、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は

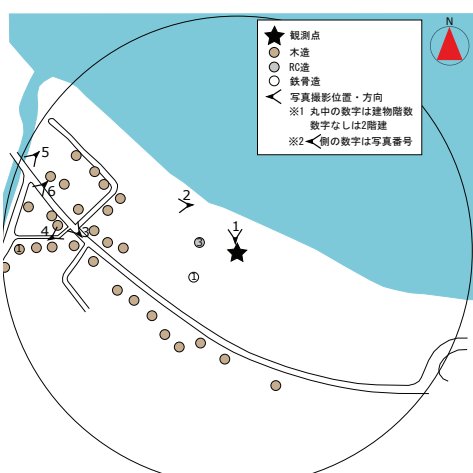


図2 K-NET 大谷周辺の建物分布



写真1 K-NET 大谷



写真2 調査範囲北側の海



写真3 周辺の様子



写真4 周辺の様子



写真5 周辺の様子



写真6 瓦屋根の被害

見られなかった。

(2) K-NET正院（兼珠洲市正院町震度計）

観測点は、珠洲市正院町正院の一角に設置されている（写真7）。観測点周辺の建物分布図を図3に示す。周辺（写真8～9）には42棟（うち木造建物38棟）の建物があり、全壊した木造建物が4棟見られ（写真10～12）、全壊・大破率は9.5%、全壊率は10.5%となった。

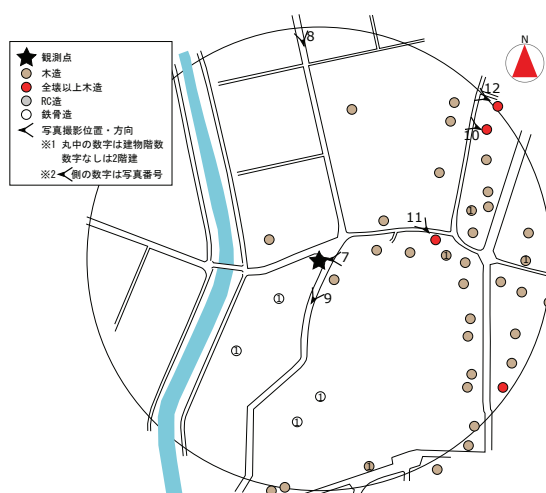


図3 K-NET 正院周辺の建物分布



写真7 K-NET 正院



写真8 周辺の様子



写真9 周辺の様子



写真10 全壊した木造建物



写真11 全壊した木造建物



写真12 全壊した木造建物

置されている（写真13）。観測点周辺の建物分布図を図4に示す。周辺（写真14～15）の建物は2棟（うち木造建物1棟）と少なく、瓦屋根に被害を受けた木造建物が見られたが（写真16），全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は見られなかった。

(4) KiK-net珠洲

観測点は、珠洲市折戸町の一角に設置されており（写真17），範囲の北側には海がある（写真18）。観測点周辺の建物分布図を図5に示す。周辺（写真19～21）には12棟の建物（うち木造建物10棟）があり，瓦屋根に被害を受けた木造建物（写真22）が見られたが，全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は見られなかった。

(5) 能登町松波震度計

観測点は、能登町内浦総合支所（写真23）の建物内

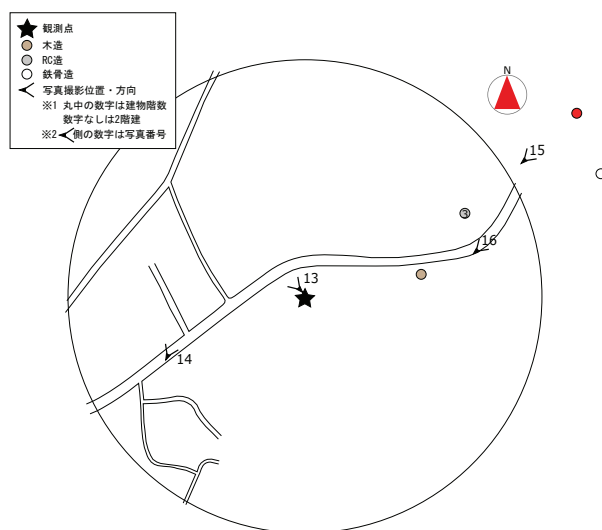


図 4 KiK-net 内浦周辺の建物分布



写真 13 KiK-net 内浦



写真 14 周辺の様子



写真 17 KiK-net 珠洲



写真 18 範囲北側の海



写真 19 周辺の様子



写真 20 周辺の様子



写真 15 周辺の様子
(能登町立松波中学校)



写真 16 瓦屋根の被害



写真 21 周辺の様子



写真 22 瓦屋根の被害

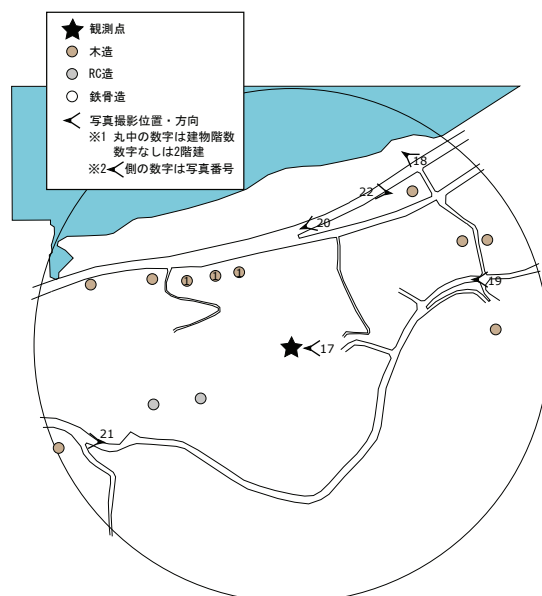


図 5 KiK-net 珠洲周辺の建物分布

(6) JMA珠洲市三崎町

観測点は、金沢大学能登学舎の敷地内に設置されている（写真29）。調査範囲の東側には海がある（写真30）。周辺（写真31～32）には26棟（うち木造建物25棟）の建物があり、軽微なものも含めて、建物被害は見られなかった。

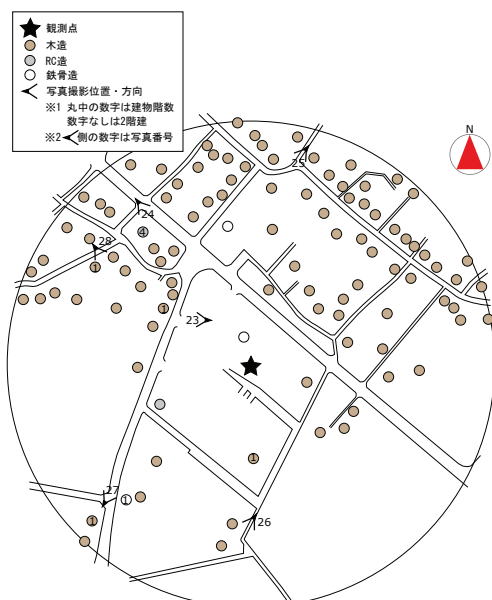


図6 能登町松波震度計周辺の建物分布



写真23 能登町内浦総合支所



写真24 周辺の様子



写真25 周辺の様子



写真26 周辺の様子



写真27 瓦屋根の被害



写真28 瓦屋根の被害

3.2 調査結果のまとめ

表1に建物棟数や被害率といった調査結果を記す。K-NET正院では4棟の木造建物が全壊し、全壊率は10.5%となったが、その他の観測点周辺では、瓦屋根の被害といった軽微な被害は見られたものの、全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は見られなかった。

4. 発生した地震動の性質と被害調査結果の対応

表1に、調査を行った観測点の地震動強さを記している。地震動強さ指標には、建物の大きな被害と相関が高い周期1-2秒、1-1.5秒のスペクトル値から算

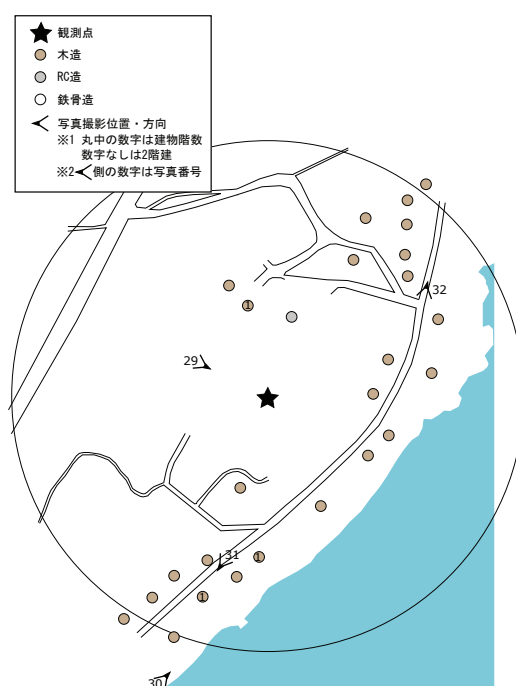


図7 JMA 珠洲市三崎町周辺の建物分布

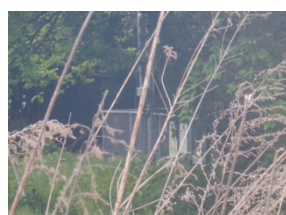


写真29 JMA 珠洲市三崎町



写真30 範囲東側の海



写真31 周辺の様子



写真32 周辺の様子

表 1 被害調査結果と地震動強さ

地震名	観測点名	震度	建物棟数		全壊・大破棟数		全壊・大破率 [%]	木造全壊率 [%]	地震動強さ				
			全体	木造	全体	木造			PGA ^{*1} [cm/s ²]	PGV ^{*2} [cm/s]	計測震度	1-2秒震度	1-1.5秒震度
2023年 石川県能登半島沖 の地震	K-NET大谷	6弱	30	28	0	0	(0.0)	(0.0)	530.9	42.3	5.5	5.09	5.15
	K-NET正院	6強	42	38	4	4	(9.5)	(10.5)	650.8	100.7	6.1	6.10	6.10
	KiK-net内浦	6弱	2	1	0	0	(0.0)	(0.0)	539.3	25.4	5.5	4.57	4.62
	KiK-net珠洲	6弱	12	10	0	0	(0.0)	(0.0)	606.5	59.4	5.9	5.33	5.32
	能登町松波震度計	5強	101	96	0	0	0.0	0.0	239.5	28.0	5.1	4.65	4.70
	JMA珠洲市三崎町	5強	26	25	0	0	(0.0)	(0.0)	377.9	26.4	5.0	4.72	4.65
過去の記録	1995年兵庫県南部地震 JR鷹取	6強	545	207	190	123	20.5	43.1	741.6	157.2	6.4	6.64	6.65
	2004年新潟県中越地震 JMA小千谷	6強	164	114	2	2	1.2	1.8	975.0	93.6	6.3	5.93	5.97
	2011年東北地方太平洋沖地震 K-NET築館	7	58	51	0	0	0.0	0.0	2765.2	105.8	6.6	5.39	5.37

※1 地動最大加速度（水平2方向ベクトル合成）

※2 地動最大速度（加速度波形に0.1-10Hzのバンドパスフィルタをかけて積分し、水平2方向ベクトル合成したものの最大値）

出される震度として1-2秒震度，1-1.5秒震度（境ら，2023）も記している。PGAはK-NET正院，KiK-net珠洲で600cm/s²を超えており，PGVはK-NET正院で100cm/sを超えている。

図8に加速度応答スペクトルを，一般的な減衰定数5%のものと，建物の全壊時の等価減衰に相当する20%（境，2013）のものを示す。図9には過去の強震記録，具体的には，1995年兵庫県南部地震のJR鷹取，2004年新潟県中越地震のJMA小千谷，2011年東北地方太平洋沖地震のK-NET築館と，今回の地震で計測震度および1-1.5秒震度が最も大きかったK-NET正院の記録を合わせて示している。図8および表1より，今回の地震におけるK-NET正院以外の記録は，震度と相関がある周期1秒以下の短周期（境ら，2002）が卓越している一方，建物の大きな被害と相関がある周期1-1.5秒の成分は，木造全壊率0%であった2011年東北地方太平洋沖地震のK-NET築館と同程度かそれ以下である。そのため，これらの観測点周辺で全壊・大破といった大きな被害を受けた建物が見られなかったのは，震度と相関がある周期1秒以下の短周期が卓越した一方，建物の大きな被害と相関がある周期1-1.5秒の成分は小さかったためであると考えられる。しかし，K-NET正院の周期1-1.5秒の成分の大きさは，木造全壊率1.8%であった2004年新潟県中越地震JMA小千谷よりも大きく，1-1.5秒震度は6強に達している。K-NET正院周辺の木造全壊率は10.5%と大きく，4棟の木造建物が全壊している。そのため，K-NET正院周辺で全壊という大きな被害を受けた建物が見られたのは，建物の大きな被害と相関がある周期1-1.5秒の成分が大きかったことが原因として考えられる。

5. まとめ

2023年5月5日に発生した能登半島沖の地震において，震度5強以上を記録した強震観測点周辺の建物被害調査を行った。その結果，K-NET正院で4棟の木造

建物が全壊しており，木造全壊率は10.5%に達したが，その他の観測点周辺では，全壊・大破といった大きな被害を受けた建物は見られなかった。発生した地震動の性質と建物被害の関係について検証したところ，多くの強震記録は震度と相関がある周期1秒以下の成分が卓越している一方，建物の大きな被害と相関がある周期1-1.5秒の成分は小さかった。そのため，震度が大きいにも関わらず，大きな被害を受けた建物が見られなかったと考えられる。しかし，K-NET正院は周期1-1.5秒の成分が大きく，その大きさは木造全壊率が1.8%であった2004年新潟県中越地震JMA小千谷を超えており，このことが，K-NET正院周辺で木造全壊率10.5%もの被害が生じていた要因であると考えられる。

謝 辞

現地の方々には，被災されているにも関わらず様々なご協力をいただきました。被害調査は，京都大学大学院工学研究科長谷川千紘氏，宇都宮大学地域デザイン科学部稲見圭人氏と共同で行いました。調査を行うにあたり，自然災害研究協議会の支援を受けました。強震記録は石川県，防災科学技術研究所，気象庁，鉄道総合技術研究所より提供いただきました。地図の作成に国土地理院地球地図日本のデータを利用しました。

参考文献

- 汐満将史・中澤駿佑・境有紀・松井貴宏・村嶋美波・江口直希（2024）：2021年福島県沖の地震における強震観測点周辺の状況と発生した地震動との対応性，日本地震工学会論文集，Vol.24，No.1，pp.1_148-1_177
- 岡田成幸・高井伸雄（1999）：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン，日本建築学会構造系論文集，No. 524，pp. 65-72

日本建築学会（1980）：1978年宮城県沖地震災害調査報告, 日本建築学会, 908p

境有紀・中澤駿佑・亀井健司（2023）：建物被害から見た関東平野で発生する地震動の性質, 第51回地盤震動シンポジウム, pp.60-68.

境有紀（2013）：2011 年東北地方太平洋沖地震で発生した地震動と建物被害の対応性ー建物の大きな

被害をより正確に推定する地震動強さ指標ー, 日本建築学会構造系論文集, 第78巻, 第683号, pp.35-40.

境有紀・神野達夫・瀧瀬一起（2002）：建物被害と人体感覚を考慮した震度算定方法の提案、第11回日本地震工学シンポジウム論文集、pp.17-22

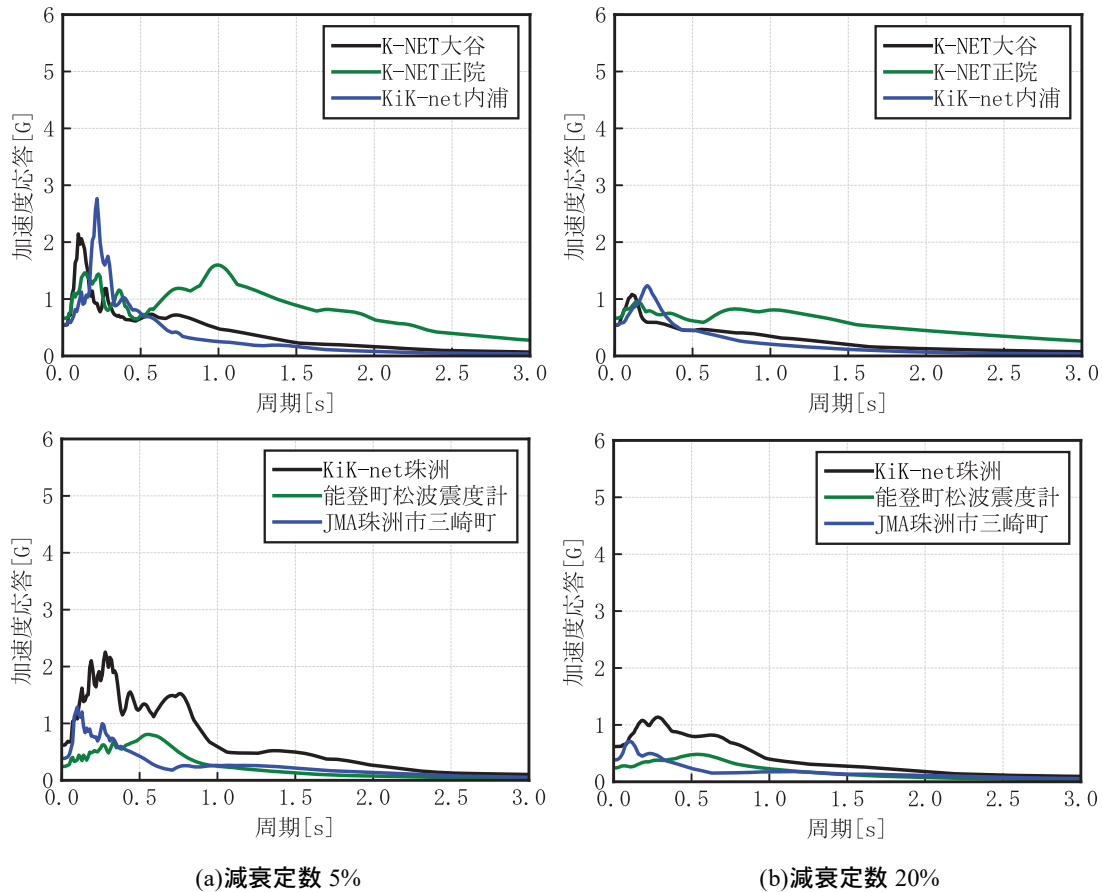


図 8 加速度応答スペクトル

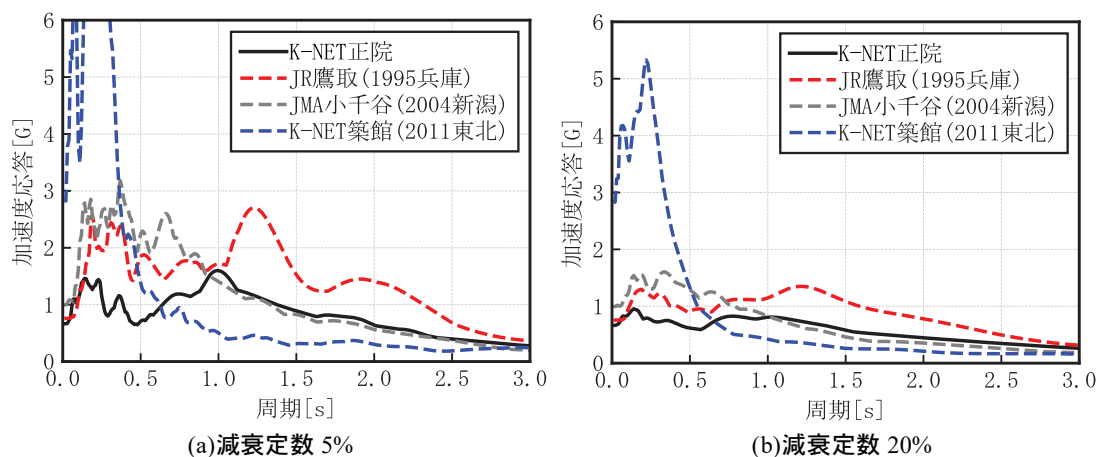


図 9 加速度応答スペクトルの過去の記録との比較