

3/16福島県沖の地震で発生した地震動と建物被害の対応

境 有紀*・汐満 将史**・中澤 駿佑***

* 京都大学防災研究所

** 山形大学

*** 宇都宮大学

要 旨

2022年3月16日に発生した福島県沖の地震において、震度6弱以上を観測した強震観測点を対象として、観測点周辺の被害調査を行った。その結果、多くの観測点周辺で瓦屋根の被害、外壁の損傷といった軽微な被害が見られたが、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。観測された強震記録の性質を分析した結果、1秒以下の短周期が卓越する一方で建物の大きな被害と関連のある周期1-1.5秒の応答は小さく、このことが大きな震度を観測したにも関わらず、建物の全壊・大破といった大きな被害が生じなかった原因と考えられる。

1. はじめに

2022年3月16日に発生した福島県沖の地震(Mj7.4)では、最大震度6強の強い揺れを観測した。そこで、震度6弱以上を観測した強震観測点を対象として、観測点周辺の被害調査を行った。本稿では、観測点ごとの調査結果を示し、発生した地震動の性質と建物被害との関係について検討を行う。

2. 調査の概要

今回の地震では震度6弱以上を観測した強震観測点の数が58点と多く、その全ての調査を行うことは困難であったため、調査時点で震度情報が公開されているものを対象に

1. 震度6強を観測した全ての観測点
2. 震度6弱を観測した観測点のうち、既に強震記録が公開されており、周辺に80棟以上の建物が存在する

という条件で調査対象の絞り込みを行った。対象となった18観測点の位置を図1に示す。図中のJMAは気象庁震度観測点、震度計は地方公共団体震度計を示している。

調査範囲は、観測点から半径200m以内とし、範囲内の全ての建物について、外観から全壊・大破といった大きな被害の有無、木造・非木造を判定した。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、被害率を算出するための全建物棟数と被害棟数にはカウントしていない。つまり、調査範囲内の寺社や倉庫等を除く全ての建物

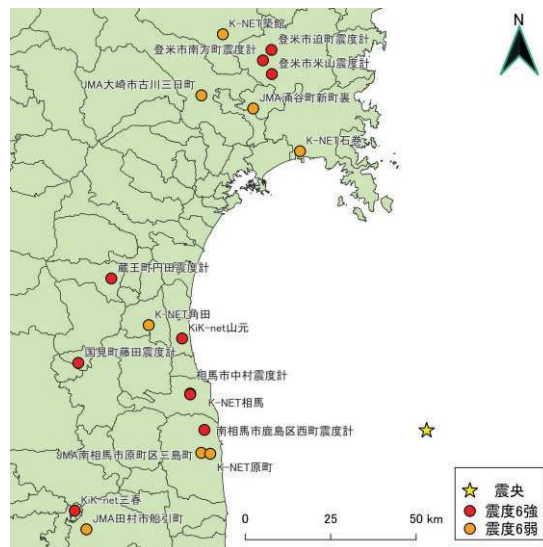


図1 調査を行った観測点位置



図2 建物分布図の例(国見町藤田震度計)

の、振動による上部構造の被害を対象とした。調査結果の例として、国見町藤田震度計周辺の建物分布図を図2に示す。定量的な被害データは建物のみを対象としたが、地盤等の建物以外の被害についても記録を行った。

3. 調査結果

3.1 各観測点周辺の被災状況

(1) K-NET 築館 (震度6弱, 調査日: 3/25)

観測点は栗原市築館総合支所(写真1)の敷地の南端に設置されている(写真2)。周辺では外壁や屋根瓦に被害を受けた建物(写真3,4)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。

(2) 登米市迫町震度計 (震度6強, 調査日: 3/19)

観測点は、登米市迫保健センター(写真5)の入口前のスペースに設置されている(写真6)。周辺では外壁に被害を受けた建物(写真7)などが見られたが、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。建物以外では、舗装の被害(写真8)が見られた。

(3) 登米市南方町震度計 (震度6強, 調査日: 3/19)

観測点は、登米市南方庁舎(写真9)の敷地内の電源設備のあるスペースに設置されている(写真10)。庁舎建物内で天井材の落下が見られた(掲載許可がないため写真なし)ほか、周辺では舗装の被害(写真11)や掲示板の被害(写真12)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。

(4) 登米市米山震度計 (震度6強, 調査日: 3/19)

観測点は、登米市米山総合支所(写真13)の敷地内に設置されている(写真14)。建物に隣接しているため、強震記録に建物の応答が含まれている可能性がある。周辺(写真15,16)には軽微なものも含め建物被害は見られなかった。



写真1 栗原市築館
総合支所



写真2 K-NET 築館



写真3 外壁の被害



写真4 屋根瓦の被害



写真5 登米市迫保健セ
ンター



写真6 登米市迫町
震度計



写真7 外壁の被害



写真8 舗装の被害



写真9 登米市南方
庁舎



写真10 登米市南方町
震度計

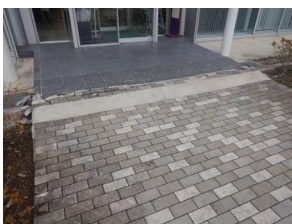


写真11 舗装の被害



写真12 掲示板の
被害

(5) JMA大崎市古川三日町(震度6弱, 調査日: 3/25)

観測点は大崎市古川三日町公園(写真17)の北西の端に設置されている(写真18)。周辺では外壁に被害を受けた建物(写真19)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。建物以外では、塀の被害や墓石の被害(写真20)が見られた。



写真 17 大崎市古川
三日町公園



写真 18 大崎市古川
三日町

(6) JMA涌谷町新町裏(震度6弱, 調査日: 3/25)

観測点は涌谷町役場(写真21)の敷地の西側に設置されている(写真22)。建物に隣接しているため、強震記録に建物の応答が含まれている可能性がある。役場建物近傍の地盤に被害が見られた(写真23)ほか、基礎に被害を受けた建物(写真24)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。



写真 19 外壁の被害



写真 20 墓石の被害

(7) K-NET石巻(震度6弱, 調査日: 3/25)

観測点は石巻市立大街道小学校(写真25)の敷地の北西端に設置されている(写真26)。周辺(写真27, 28)には軽微なものも含め建物の被害は見られなかった。



写真 21 涌谷町役場



写真 22 JMA 涌谷町
新町裏

(8) 蔵王町円田震度計(震度6強, 調査日: 3/20, 25)

観測点は蔵王町役場(写真29)の建物内1階に設置されている(写真30)。役場敷地内の舗装の被害(写真31)のほか、周辺では外壁に被害を受けた建物(写真32)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。建物以外では、舗装の被害や灯籠の被害が見られた。

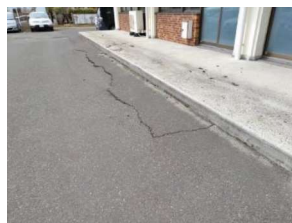


写真 23 地盤の被害



写真 24 基礎の被害

(9) K-NET角田(震度6弱, 調査日: 3/26)

観測点は角田市役所(写真33)の敷地の南東端に設置されている(写真34)。周辺には屋根瓦に被害を受けた建物(写真35)や外壁に被害を受けた建物(写真36)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。



写真 13 登米市米山
総合支所



写真 14 登米市米山
震度計



写真 25 石巻市立大
街道小学校



写真 26 K-NET 石巻



写真 15 周辺の様子



写真 16 周辺の様子



写真 27 周辺の様子



写真 28 周辺の様子

(10) 国見町藤田震度計(震度6強, 調査日: 3/18, 25)

観測点は国見町役場(写真37)の駐車場に設置されている(写真38)。周辺には外廊下のブレースの抜けや柱根巻に被害を受けた建物(写真39)や、外壁に被害を受けた建物(写真40)、瓦屋根に被害を受けた建物が見られたが、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。建物以外では、ブロック塀の被害が見られた。



写真 33 角田市役所



写真 34 K-NET 角田

(11) KiK-net山元(震度6強, 調査日: 3/19)

観測点は山元町体育文化センター(写真41)の敷地内に設置されており、周囲は高さ約1mの盛土になっている(写真42)。周辺では瓦屋根に被害を受けた建物(写真43)や、外壁に被害を受けた建物(写真44)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。



写真 35 瓦屋根の被害



写真 36 外壁の被害

(12) K-NET相馬(震度6強, 調査日: 3/19, 26)

観測点は川原町児童センター(写真45)の敷地内に設置されており、観測点の南側には高さ約2mの壁がある(写真46)。周辺では瓦屋根に被害を受けた建物(写真47)や外壁に被害を受けた建物(写真48)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。建物以外では、墓石の転倒や石積みの塀の被害、舗装の被害が見られた。



写真 37 国見町役場



写真 38 国見町藤田
震度計

(13) 相馬市中村震度計(震度6強, 調査日: 3/19, 20, 26)

観測点はK-NET相馬から北に約280mの地点にある相馬市役所(写真49)の駐車場に設置されている(写真50)。周辺では瓦屋根に被害を受けた建物(写真51)や外壁に被害を受けた建物(写真52)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。建物以外では、ブロック塀や石積みの塀、鳥居の被害などが見られた。



写真 39 ブレースと
柱根巻の被害



写真 40 外壁の被害



写真 29 蔵王町役場



写真 30 蔵王町円田
震度計



写真 41 山元町体育
文化センター



写真 42 KiK-net 山元



写真 31 舗装の被害



写真 32 外壁の被害



写真 43 瓦屋根の被害



写真 44 外壁の被害

(14)南相馬市鹿島区西町震度計(震度6強, 調査日 : 3/18)

観測点は南相馬市鹿島区役所(写真53)の入口に設置されており, 周囲には土が盛られている(写真54)。周辺では瓦屋根に被害を受けた建物(写真55)や外壁に被害を受けた建物(写真56)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。建物以外では, ブロック塀や墓石, 鳥居の被害が見られたほか, 舗装の被害も見られた。

(15)JMA南相馬市原町区三島町(震度6弱, 調査日 : 3/26)

観測点は南相馬市役所(写真57)の建物の裏手に設置されている(写真58)。建物に隣接しているため, 強震記録に建物の応答が含まれている可能性がある。周辺(写真59)では瓦屋根に被害を受けた建物(写真60)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。

(16)K-NET原町(震度6弱, 調査日 : 3/26)

観測点は南相馬消防署(写真61)の敷地の北側に設置されており, すぐ横は段差になっている(写真62)。周辺(写真63, 64)では目立った被害は見られなかった。

(17)KiK-net三春(震度6強, 調査日 : 3/18)

観測点は三春町立沢石小学校(写真65)の敷地内に設置されており(写真66), 背後は斜面になっている(写真67)。周辺(写真68)では目立った被害は見られなかった。

(18)JMA田村市船引町(震度6弱, 調査日 : 3/26)

観測点は田村市役所(写真69)の敷地の南端に設置されている(写真70)。周辺(写真71, 72)では目立った被害は見られなかった。



写真 49 相馬市役所

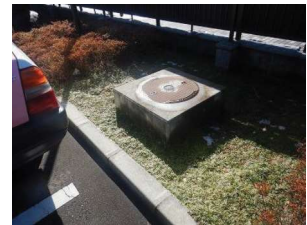


写真 50 相馬市中村
震度計



写真 51 瓦屋根の被害



写真 52 外壁の被害



写真 53 南相馬市鹿島
区役所



写真 54 南相馬市
鹿島区西町震度計



写真 55 瓦屋根の被害



写真 56 外壁の被害



写真 45 川原町児童
センター



写真 46 K-NET 相馬



写真 57 山元町体育
文化センター



写真 58 JMA 南相馬市
原町区三島町



写真 47 瓦屋根の被害



写真 48 外壁の被害



写真 59 周辺の様子



写真 60 瓦屋根の被害

3.2 各観測点周辺の被害のまとめ

各観測点周辺の被害状況、被害率を表1に示す。多くの観測点で外壁や瓦屋根に被害を受けた建物が見られたが、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。建物以外の被害では、舗装や塀の被害が見られた。

4. 観測された地震動の性質と建物被害との対応

本稿執筆時点で記録の公開されている観測点について、計測震度、地動最大加速度等の地震動強さ指標を表1に示している。地震動強さ指標には、建物の大きな被害と相関が高い減衰定数20%における周期1-1.5秒の平均スペクトル値(以下、1-1.5秒応答)(境, 2013)と1-2秒震度(境ら, 2004)も記している。また、加速度応答スペクトルを減衰定数を一般的な5%に加えて、建物が全壊に至る時の等価減衰にあたる20%(境, 2013)とした場

合について、図3, 4に示す。図4には、今回観測された強震記録と過去の強震記録の比較、具体的には、計測震度が最も大きいKiK-net三春、1-1.5秒応答が最も大き



写真 65 三春町立沢石小学校



写真 66 KiK-net 三春



写真 67 観測点の背後



写真 68 周辺の様子



写真 61 南相馬消防署



写真 62 K-NET 原町



写真 69 田村市役所



写真 70 JMA 田村市船引町



写真 63 周辺の様子



写真 64 周辺の様子



写真 71 周辺の様子



写真 72 周辺の様子

表 1 被害調査結果と地震動強さ

	観測点名	震度	全壊・大破率 [%]	木造全壊率 [%]	地震動強さ				
					PGA ^{※1} [cm/s ²]	PGV ^{※2} [cm/s]	計測震度 ^{※3}	1-2秒震度	A _{1-1.5} ^{※4} [cm/s ²]
2022年 福島県沖の地震	K-NET相馬	6強	0.0	0.0	744.4	73.2	6.17	5.71	544.2
	K-NET原町	6弱	0.0	0.0	626.1	36.8	5.59	5.13	186.6
	K-NET築館	6弱	0.0	0.0	524.0	39.4	5.62	4.94	212.1
	K-NET石巻	6弱	0.0	0.0	391.8	65.1	5.84	6.06	512.0
	K-NET角田	6弱	0.0	0.0	396.2	54.5	5.82	5.56	428.4
	KiK-net三春	6強	0.0	0.0	767.2	53.7	6.20	5.04	229.6
	KiK-net山元	6強	0.0	0.0	993.2	75.2	6.01	5.11	293.9
	登米市米山町震度計	6強	0.0	0.0					
	登米市南方町震度計	6強	0.0	0.0					
	登米市迫町震度計	6強	0.0	0.0					
	蔵王町田田震度計	6強	0.0	0.0					
	相馬市中村震度計	6強	0.0	0.0					
	南相馬市鹿島区西町震度計	6強	0.0	0.0					
	国見町藤田震度計	6強	0.0	0.0					
JMA大崎市古川三日町	6弱	0.0	0.0	309.6	44.2	5.62	5.48	343.1	
JMA南相馬市原町区三島町	6弱	0.0	0.0	646.4	33.9	5.59	5.06	224.8	
JMA涌谷町新町裏	6弱	0.0	0.0	324.8	41.6	5.51	5.38	263.5	
JMA田村市船引町	6弱	0.0	0.0	629.0	21.2	5.50	4.22	80.9	
過去の記録	1995年兵庫県南部地震・JR鹿取	6強	34.9	59.4	741.6	157.2	6.48	6.63	1227.1
	2004年新潟県中越地震・JMA小千谷	6強	1.2	1.8	975.0	93.6	6.33	6.03	616.0
	2011年東北地方太平洋沖地震・K-NET築館	7	0.0	0.0	2765.2	105.8	6.67	5.58	332.1

※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)

※3 気象庁の算出方法では小数点以下1桁までとされるが、ここでは参考のため2桁目まで示す

※4 周期1-1.5秒平均加速度応答(減衰定数20%)

いK-NET相馬と、1995年兵庫県南部地震JR鷹取、2004年新潟県中越地震JMA小千谷、2011年東北地方太平洋沖地震K-NET築館を比較して示している。なお、K-NET築館は2012年に移設されており、今回とは異なる地点で記録されたものである。

図3より、発生した地震動のほとんどは震度と相関がある周期1秒以下の短周期(境ら、2002)が卓越する一方で、建物の全壊・大破といった大きな被害と相関の高い周期1-1.5秒は小さく、このことが震度6弱、6強といった大きな震度を観測したにも関わらず、全壊・大破といった大きな被害が見られなかった要因であると考えられる。K-NET相馬、K-NET石巻は比較的大きな1-1.5秒応答を有するが、その大きさは全壊率が1.9%であった2004年新潟県中越地震JMA小千谷の8~9割程度とやや小さい。観測点周辺の建物の耐震性能の違いの影響も考えられるが、建物被害が生じない、もしくはその境界程度の1-1.5秒応答の大きさであったと考えられる。

5. まとめ

2022年3月16日に発生した福島県沖の地震を対象に、強震観測点周辺の被害調査を行った。その結果、多くの観測点周辺で瓦屋根や外壁の被害といった軽微な被害を受けた建物は見られたものの、震度6弱以上という大きな震度を観測したにも関わらず、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。

観測された強震記録の性質と建物被害との対応について検討した結果、発生した地震動のほとんどが周期1秒以下の短周期が卓越する地震動であり、建物の大きな被害と相関を持つ1-1.5秒応答が小さかったことが、大きな震度を観測したにも関わらず全壊・大破といった大きな震度を受けた建物が見られなかったことの要因であると考えられる。

謝 辞

現地の方々には、被災直後にも関わらず様々なご協力をいただきました。南相馬市役所職員の皆様には、被災後の対応でお忙しい中、観測点の設置位置の確認を行っていただきました。本調査は、京都大学大学院生藤田雄大氏、山形大学大学院生江口直希氏と共同で行いました。強震記録は防災科学技術研究所、気象庁、鉄道総合技術研究所に提供していただきました。本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。

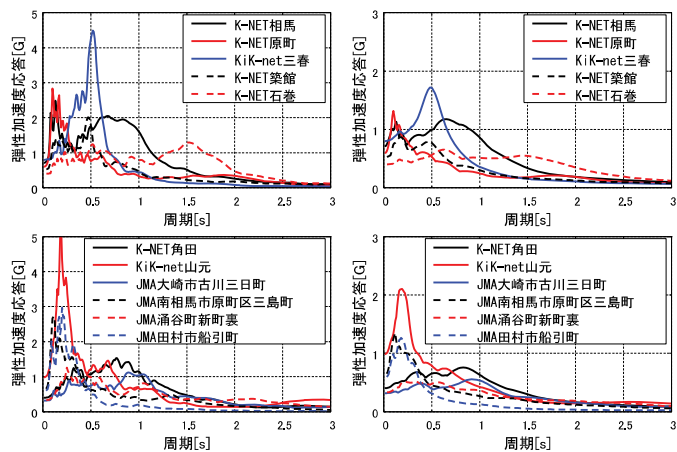


図3 弾性加速度応答スペクトル
(左：減衰定数 5%, 右：減衰定数 20%)

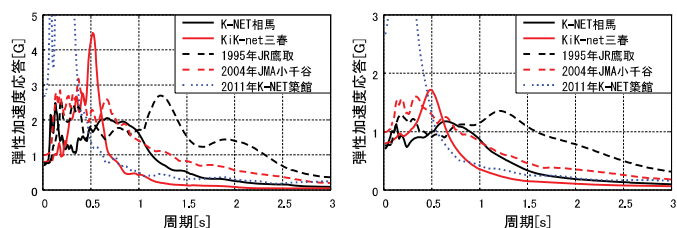


図4 弾性加速度応答スペクトルの
過去の強震記録との比較
(左：減衰定数 5%, 右：減衰定数 20%)

参考文献

- 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—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—, 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, 瀧川一起 (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, CD-ROM.
- 境有紀, 神野達夫, 瀧川一起 : 震度の高低によって地震動の周期帯を変化させた震度算定法の提案 (2004) : 日本建築学会構造系論文集, 第585号, pp.71-76.