

令和 6 年能登半島地震における建築物構造被害の原因分析を行う委員会
最終とりまとめ（令和 7 年 12 月）

1. 本委員会設置の目的・経緯

2024 年 1 月 1 日 16 時 10 分頃、石川県能登地方において地震が発生し、最大震度 7 を観測するなど能登半島を中心に強い揺れを観測するとともに、数多くの建築物に倒壊などの被害をもたらした。石川県能登地方では、2020 年 12 月から地震活動が継続しており、気象庁は、これらの一連の地震活動と今回の地震について、名称を「令和 6 年能登半島地震」と定めた。

本委員会は、令和 6 年能登半島地震における建築物の構造被害について、国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）や国立研究開発法人建築研究所（以下「建研」という。）が実施している現地調査の結果に加え、さまざまな機関が実施している調査の結果や関連データ等を幅広く収集・整理し、専門的、実務的知見を活かして原因分析を行うとともに、分析を踏まえた対策の方向性を検討することを目的としている。なお、本委員会は、こうした検討を行うため、国総研に設置されている「建築構造基準委員会」（委員長：中埜 良昭 東京大学生産技術研究所教授）において開催しているものである。

令和 6 年 11 月 1 日に、その時点までに得られた調査結果などを踏まえた本委員会における分析に基づき、中間とりまとめを行った。本報告は、中間とりまとめにおいて引き続き検討すべき課題とされた項目等について、その後の調査結果などを踏まえた本委員会における分析に基づき、最終とりまとめを行うものである。

国土交通省は、本報告を踏まえ、具体的な建築物の耐震性の確保・向上方策について検討することとしている。

2. 地震及び地震動の特徴

令和 6 年能登半島地震は、能登半島北側の海底に存在する活断層がもたらした内陸地震であり、能登地方の広い範囲で震度 6 強以上の地震動が多数観測された。

気象庁、国立研究開発法人防災科学技術研究所（K-NET、KiK-net）及び石川県等の震度計で多くの強震観測記録が得られ、そのデータが公開されている。

震度 6 強を記録した輪島市で観測された地震動の応答加速度は、兵庫県南部地震（1995 年）の際に JR 鷹取駅に設置された震度計で観測されたものと同程度であった（図 1 参照）。また、輪島市や珠洲市等の地盤上で観測された記録は、建築基準法に定める設計用地震動応答スペクトルを上回っていた。

国総研及び建研では、こうした記録に基づき、令和 6 年能登半島地震の地震動及び輪島市内における余震観測について調査・分析を行った。

(1) 令和 6 年能登半島地震の地震動

本震では、防災科学技術研究所の K-NET 富来観測点と石川県自治体震度計の輪島市門前町走出観測点で震度 7 が記録された。また、能登地方の広い範囲で震度 6 強以上の地震動が多数観測された。

K-NET 輪島、気象庁輪島、K-NET 穴水、KiK-net 珠洲、K-NET 正院は、中低層建築物が大きな振動被害を受けやすいと考えられる周期 1 秒から 2 秒の範囲で大きな S_a-S_d 曲線を示した。

震度 6 強以上の地震波について、鉄筋コンクリート造建築物を模擬した弾塑性変位応答スペクトル解析を行ったところ、降伏時周期 1 秒の構造で K-NET 穴水で観測された地震動に対する変位応答が、平成 30 年（2018 年）北海道胆振東部地震の際に K-NET むかわ町松風で観測された地震動に対

する変位応答の約 1.1 倍となったことなどから、能登半島地方の揺れが過去の被害地震の揺れを超えるものもあったと考えられる。

- 同じ地震において 1km 程度しか離れていない、近接した 2 つの地震計（輪島市の K-NET 輪島と気象庁輪島、穴水町の K-NET 穴水と K-NET 大町）において観測された地震波を用いてそれぞれ計算した変位応答は大きく異なっていた。これは近距離であっても地盤条件が異なっていることに起因すると考えられる。
- その他、変位応答は、高層建物の固有周期と言われる周期帯で、過去の地震におけるものを超える観測点もあった。

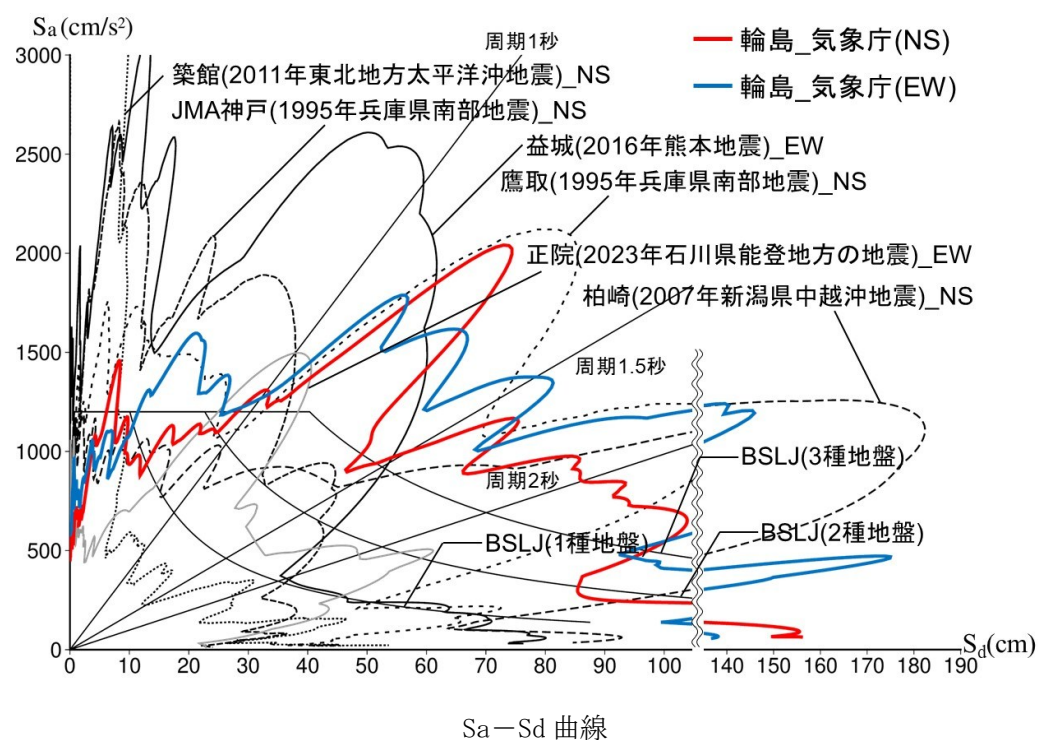
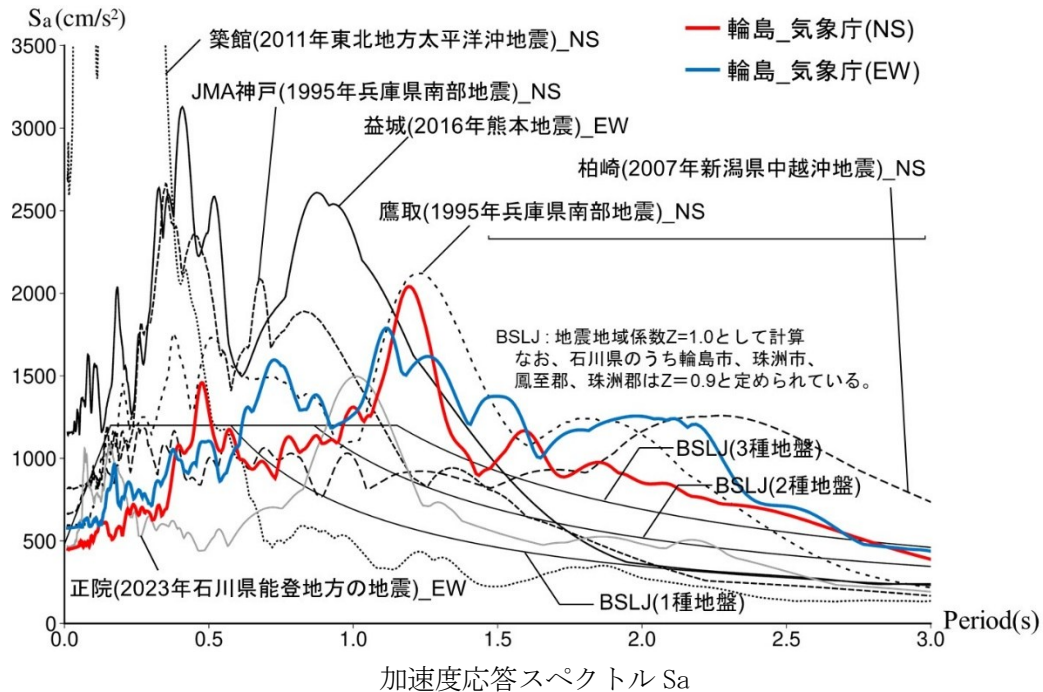


図 1 代表的な強震記録との比較 (h=5%) (気象庁輪島)

(2) 輪島市内における余震観測

- ・ 輪島市内の2カ所の震度計で観測された地震動の卓越周期が大きく異なることから、それらの震度計が設置された地点の間で、建築物の被害が大きかった地域における地震動の特性と建築物の地震入力及び地震応答を把握することを目的として、2024年4月10日から5月8日の期間に輪島市の7カ所において余震観測を実施した。
- ・ 余震観測を実施した輪島市中心地（河原田川・鳳至川沿いの平野部）では1Hz前後の地震動が卓越するため、K-NET 輪島観測点と比べて最大速度振幅や計測震度相当値が相対的に大きくなった。特に気象庁輪島に近接する観測点では、その傾向が顕著であった。
- ・ 本震において、K-NET 輪島は周期0.1秒付近で最大応答加速度を示すのに対し、気象庁輪島は周期1.2秒付近で最大応答加速度を示した。余震観測記録を用いた応答スペクトルによる分析においても、K-NET 輪島に近い観測地点の記録は短周期側で最大応答加速度を示すのに対し、気象庁輪島に近い観測地点では、同じ地震によるK-NET 輪島よりも長い周期帯で最大応答加速度を示した。余震観測により、輪島市内の地盤条件が大きく異なることが明らかになった。

3. 被害状況・被害要因等の分析

3.1 調査方針

極めて大きな地震動が作用し、多数かつ甚大な建築物被害が生じた能登北部を中心に、国総研及び建研による被害調査、被害調査結果の収集と要因分析等を行うこととした。

- ・ 木造の建築物については、（一社）日本建築学会（以下「建築学会」という。）が実施した調査と連携しつつ、被害調査と要因分析等を行うこととした。
- ・ 鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造、壁式鉄筋コンクリート造及び補強コンクリートブロック造（以下「鉄筋コンクリート造等」という。）の建築物については、多数の鉄筋コンクリート造等建築物の著しい沈下や転倒被害が生じた輪島市等において、これらの被害調査と要因分析等の検討を行うこととした。
- ・ 鉄骨造の建築物や非構造部材については、能登地方を中心とする個別の被災建築物を対象に被害調査と要因分析等を行うこととした。
- ・ 津波を観測した地域において、被害調査と要因分析等の検討を行うこととした。

また、我が国や今回の被災地域における過去の地震経験も踏まえ、地震地域係数と建築物被害との関係、建築物の継続使用性や復旧・復興容易性等について検証を行うこととした。

なお、国総研及び建研における現地調査については、調査地域において著しい被害や特徴的な被害が確認できた建築物を対象に実施しており、被害建築物を網羅するものではない。

3.2 木造建築物の被害の特徴と要因

建築時点における耐震基準の違いによる建築物の被害の傾向を把握すること等を目的として、木造建築物の被害が大きかった地域を対象に建築学会と連携して被害調査及び分析を行った。

具体的には、建築学会が輪島市、珠洲市及び穴水町内の木造建築物の被害が大きい一定の地区内において行った、建築物の被害状況の悉皆的な調査（悉皆調査）^(注)の結果について、撮影時期の異なる航空写真を用いて推定した建築年代や建築確認台帳の情報を用いて年代別の分析、建築主等から入手した図面、構造計算等により倒壊要因の分析を行った。

(建築学会の悉皆調査結果の分析)

- 木造建築物の年代ごとの被害状況については、新耐震基準導入以前の木造建築物の倒壊・崩壊は 19.4%、新耐震基準導入以降では、2000 年の接合部等の基準の明確化以前の木造建築物の倒壊・崩壊は 5.4%、2000 年以降の木造建築物の倒壊・崩壊は 0.7% (608 棟のうち 4 棟) であった (図 2 参照)。これらは、平成 28 年 (2016 年) 熊本地震の際に益城町において実施した悉皆調査の結果と同様の傾向を示している。
- 新耐震基準導入以降 2000 年の接合部等の基準の明確化以前に建築された木造建築物の被害要因の分析のため、当該期間に建築され、図面が収集できた木造建築物のうち、被害状況が無被害であった 2 棟について分析したところ、壁量規定や 2000 年に明確化した基準に概ね適合していた。
- 2000 年以降の木造建築物で倒壊・崩壊した 4 棟のうち、図面が収集できた 2 棟について分析したところ、いずれも壁の釣り合いの良い配置の規定を満足しておらず、かつ 1 棟は壁量規定を満足していないことが確認された。なお、図面が収集できなかった 2 棟のうちの 1 棟については、関係者から、築 100 年程度の住宅を 2000 年以降に移築したものであり、壁が非常に少なかったとの情報が得られたことから、壁量規定を満足していなかったものと考えられる。なお、残りの 1 棟については、現時点では明確な被害要因が確認できなかった。

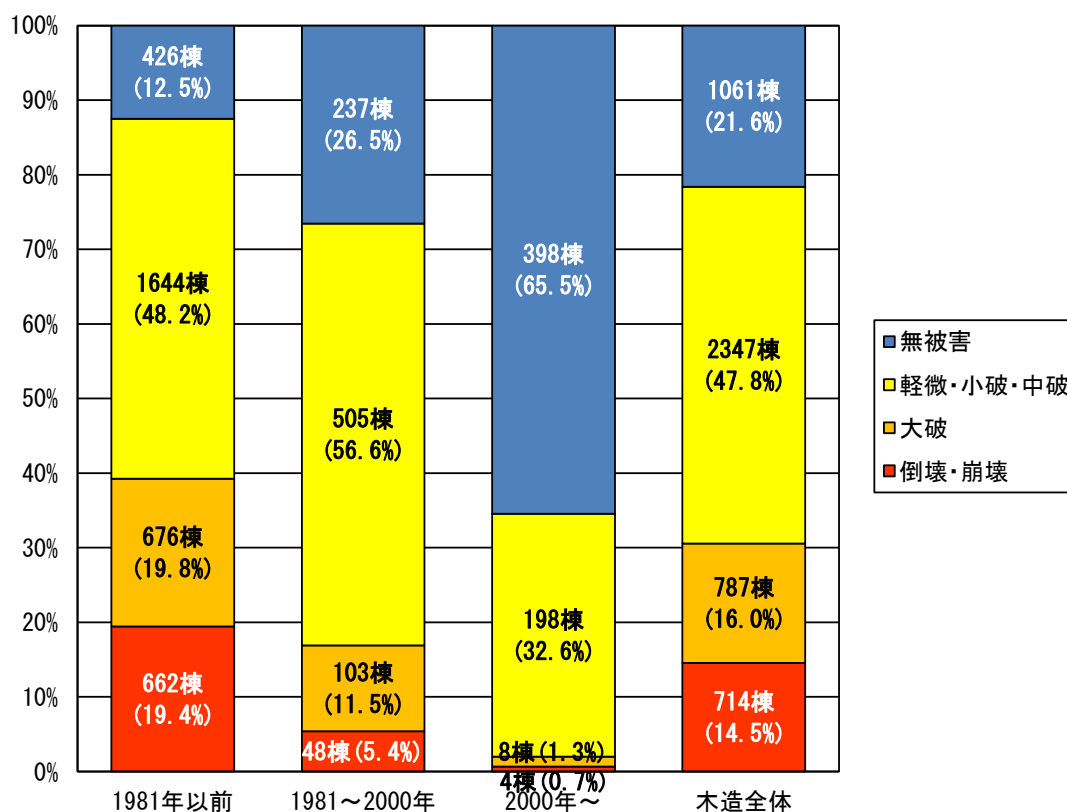


図 2 建築学会の悉皆調査による木造の建築時期別の被害状況

- 倒壊・崩壊の被害が確認された 2000 年以降の木造建築物で、屋根材が瓦であるものは 405 棟中 4 棟 (1.0%)、瓦以外のものは 203 棟中 0 棟 (0.0%) であった。屋根材が瓦である木造建築物で倒壊・崩壊した 4 棟のうち、2 棟について壁の釣り合いの良い配置の規定や壁量規定を満足しておらず、1 棟について壁量規定を満足していなかったことが確認されている。

- ・ 木造建築物の建築時期別の被害状況については、地盤の変状や液状化が見られたものとこれが見られなかったものの間で大きな差は確認されなかった。
- ・ 繰り返し地震の影響については、非線形地震応答解析を用いた繰り返し地震動による建築物被害への影響分析を行った研究¹において、2023 年 5 月に能登地方において発生した地震の揺れが令和 6 年能登半島地震の建築物被害に及ぼした影響を調べたところ、建築物の最大変形にほとんど影響は見られないという結果が得られた旨の報告がなされている。

(注) 建築学会の悉皆調査においては、木造建築物以外の構造も含めて調査を実施しており、集計対象の建築物 5,392 棟を構造別に見ると、木造建築物の 4,909 棟中 714 棟 (14.5%)、S 造建築物の 222 棟中 2 棟 (0.9%)、RC 造建築物の 126 棟中 2 棟 (1.6%)、混構造建築物の 74 棟中 13 棟 (17.6%)、その他・不明の 61 棟中 5 棟 (8.2%) が倒壊・崩壊となっており、木造建築物の倒壊・崩壊の割合が最も高かった。

集計対象の建築物 5,392 棟を建設年代別に見ると、新耐震以前の建築物の 3,607 棟中 682 棟 (18.9%)、新耐震以降 2000 年改正以前の建築物の 1,053 棟中 50 棟 (4.7%)、2000 年改正以降の建築物の 732 棟中 4 棟 (0.5%) が倒壊・崩壊となっており、新耐震以前の建築物の倒壊・崩壊の割合が最も高かった。

- ・ 過去の地震被害による建築物の除却等が今回の悉皆調査結果に与えた影響を分析するため、今回の悉皆調査結果の分析及び 2007 年能登半島地震時の被害状況等に係る情報の収集を試みた。

今回の悉皆調査結果における地区別の結果について、輪島市と珠洲市の結果を比較すると倒壊・崩壊した木造建築物の割合に大きな差が見られた。これは、過去の地震被害による建築物の除却等が原因ではないかとの指摘があったが、2007 年能登半島地震時の建築年代別の被害状況及び被害を受けた建築物の除却等に係る十分な情報を収集することができなかったことから、分析は困難と判断した。

- ・ 悉皆調査を行った木造建築物のうち、住宅性能表示制度の耐震等級（構造躯体の倒壊等防止）2 を取得した木造建築物（木造住宅）は 12 棟であり、これらの住宅の被害状況は、1 棟が軽微から中破であったが、それ以外の住宅は無被害であった。また、住宅性能表示制度の耐震等級（構造躯体の倒壊等防止）3 を取得した木造建築物（木造住宅）は 19 棟であり、これらの住宅の被害状況は、1 棟が軽微から中破であったが、それ以外の住宅は無被害であった。さらに、長期優良住宅制度の認定を受けた木造建築物（木造住宅）は 19 棟であり、これらの住宅の被害状況は、1 棟が軽微から中破であったが、それ以外の住宅は無被害であった。

¹ 中澤駿佑, 汐満将史, 境有紀. “2024 年能登半島地震の建物被害調査と発生した地震動の破壊力の検証”. 第 61 回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集. 千葉大学, 2024-09-21, 京都大学防災研究所自然災害研究協議会, 2024, p.47-56.

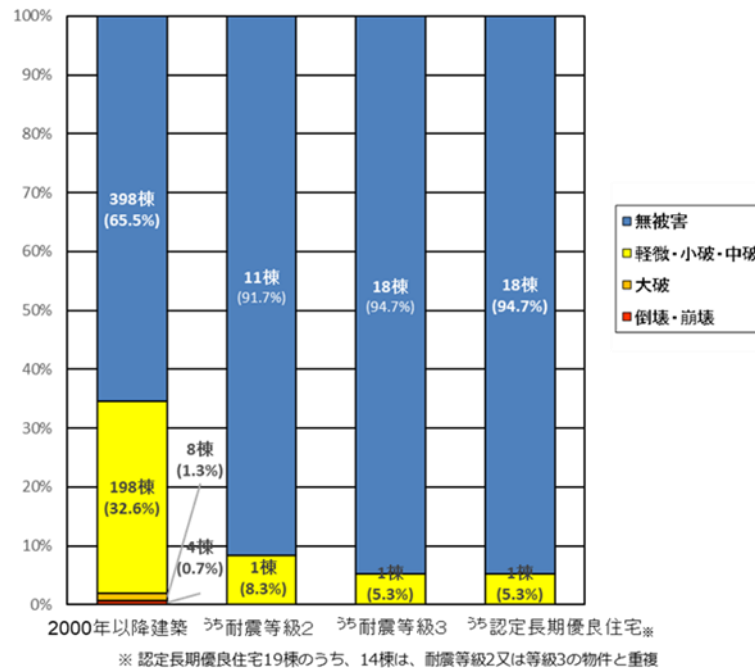


図3 耐震性能別の木造建築物（木造住宅）の被害状況

（耐震改修を行った建築物の被害状況に関する調査）

- ・ 建築学会の悉皆調査の対象とした木造建築物のうち、地方公共団体の補助を受けて耐震改修を行った木造建築物について被害の状況を分析したところ、旧耐震基準の木造建築物 38 棟のうち、無被害が 13 棟（34%）であり、軽微から中破までが 22 棟（58%）、大破が 3 棟（8%）であったが、倒壊・崩壊した建築物は確認されなかった。
- ・ 耐震改修を行っていない旧耐震基準の木造建築物の被害割合と比べ被害が小さいことから、耐震改修により被害が軽減されたと考えられる。
- ・ 耐震改修を行った木造建築物の耐震補強の程度と被害状況の関係性を分析するため、耐震改修を行った木造建築物のうち、図面が収集できた 4 棟について分析を行ったところ、検定比（必要耐力に対する保有する耐力の比）は 1.0～1.5 程度であった。ただし、外観からはいずれも無被害または軽微な被害であり、補強の程度（検定比）と被害の程度に有意な関係性は確認できなかった。
- ・ 上部構造のみ耐震改修を行った結果、下部構造に被害が発生する可能性があることから、上部構造のみ耐震改修を行った木造建築物の基礎への影響を分析するため、耐震改修を行った木造建築物（上部構造のみ耐震改修を行い、下部構造は行っていないもの）4 棟のうち、悉皆調査において基礎の被害が確認された木造建築物 1 棟の図面を収集し、分析を試みた。

しかしながら、図面が収集できた木造建築物においては耐震改修を行う前から基礎の被害が確認されており、今回の悉皆調査で確認された基礎の被害との関係性が不明瞭であることから、分析は困難と判断した。

3.3 鉄筋コンクリート造等建築物の被害の特徴と要因及び転倒被害が確認された鉄筋コンクリート造建築物の調査結果と要因分析

3.3.1 鉄筋コンクリート造等建築物の被害の特徴と要因

国総研及び建研が石川県輪島市、穴水町、七尾市及び金沢市の鉄筋コンクリート造等建築物を中心

に実施した調査（以下「国総研・建研 RC 調査」という。）及び建築学会学術推進委員会文教施設小委員会が学校施設について行った調査（以下「建築学会文教施設調査」という。）の結果に基づく要因分析を行った。

（国総研・建研 RC 調査）

- 5 ・ 旧耐震基準の鉄筋コンクリート造等建築物については、過去の震災で確認された被害と同様に柱のせん断破壊や柱はり接合部の破壊などの構造部材の被害や、方立壁の破壊などが確認された。
- ・ 鉄筋コンクリート造建築物の転倒被害及び傾斜により大破とみなされる被害（傾斜角 $1/75\text{rad}$ 以上）が輪島市では 11 棟、穴水町では 1 棟、七尾市では 2 棟確認された。このうち倒壊・崩壊に至った建築物は、輪島市の転倒被害のあった 1 棟であった。
- 10 ・ 転倒被害のあった建築物は、我が国において、杭基礎を有する鉄筋コンクリート造等建築物で地震動による転倒被害が確認された初めての事例である。当該建築物は、杭基礎の短期荷重に対する設計の指針が示された 1984 年以前に建設されたものである。当該建築物の調査結果及び要因分析については、3.3.2 に記述する。
- ・ また、傾斜により大破とみなされる被害が生じた鉄筋コンクリート造建築物のうち、新耐震基準導入以降の建築物及び耐震改修された建築物は 4 棟あり、そのうちの 1 棟は、建築基準法において杭基礎の短期荷重に対する設計が求められるようになった 2001 年以降に建設された建築物である。これらについては、上部構造の構造部材に顕著な損傷は確認されず、また、一部の建築物において杭の損傷が確認されていることから、被害要因は杭の損傷によるものと推測される。
- 15

（建築学会文教施設調査）

- 20 ・ 建築学会文教施設調査においては、1971 年以前の床面積が小さいコンクリートブロック造建築物 1 棟が倒壊と判定されたが、新耐震基準導入以降の鉄筋コンクリート造等建築物では上部構造の被災度が大破または倒壊と判定された事例はないことが報告されている。また、基礎構造で大破と判定された鉄筋コンクリート造等建築物は 18 棟あり、うち 3 棟は新耐震基準導入以降（ただし 2001 年以前）の建築物であったことが報告されている。

25

3.3.2 転倒被害が確認された鉄筋コンクリート造建築物の調査結果と要因分析

上部構造については建築物の解体に合わせて部材の寸法や材料強度等の調査を行い、基礎及び地盤については地盤調査及び敷地の掘削による杭の被災状況等の調査を行った。これらの結果をもとに建築物の構造図を復元し、一貫構造計算プログラム等を用いた解析及び建築物の被害状況から、建築物の転倒現象の過程（シナリオ）を検討した。

30

- ・ 上部構造は東側に転倒しており、転倒に至るまではほとんど損傷がなかったものと考えられる。転倒を生じた構面について、建築物の高さと架構の見付幅により計算した塔状比は実測値で 2.50 及び構造図で 2.46（最も大きな値）で、スパン数は 1 又は 2 であった。また、計算上一部の杭の支点反力が初めてゼロとなる時点の地震力は、標準せん断力係数換算すると、転倒した方向で 0.04 程度、逆方向で 0.13 程度と差があった。

35

- ・ 転倒によって基礎の浮き上がりを生じた西側及び中央の構面では、パイルキャップに目立った損傷はなく、杭頭部とパイルキャップとは接合されていない状態であったものと考えられる。その一方で、既製コンクリート杭の杭頭部には斜めひび割れや縦ひび割れなどの著しい被害が見られたことから、地震時の上部構造の挙動により杭頭部に大きな圧縮力が作用したことが想定された。

40

- ・ 転倒によって基礎が地中に押し込まれた東側の構面では、折損した状態の杭が数本見られたが、

掘削調査を行った深さ 4 m 程度の範囲では多くの杭は構造体としては確認できなかった。地震時の杭体の被害に加えて、転倒に伴う基礎の大きな沈下や地盤の動きに伴って杭体が破砕された可能性がある。また、西側の構面の杭と異なり、東側のほとんどの杭で地中部 (G. L. - 5 m ~ - 6 m 付近) に杭体の折損等が確認された。

- 5
 - ・ 敷地及び周辺の地盤調査の結果、杭体の被害が見られた地表面付近はN値 2 以下程度の軟弱な地盤であった。
 - ・ 以上の結果から、転倒被害が確認された建築物にあっては、上記の複数の要因が複合して一部の杭に負担が集中しやすい状況にあるなど、片側に過大な傾斜を生じやすい構造（計画）であり、転倒を生じた東側の杭においてパイルキャップ下の数mの範囲で支持力を喪失する著しい被害を生じたことが推察された。また、既製コンクリート杭における大きな被害の発生には、高軸力下で杭頭部に作用するせん断力のほか、地盤の地震時の水平変形の影響が指摘された。
 - ・ これらの調査を踏まえて、転倒に至るシナリオ及び被害要因について、現時点では以下のとおり整理された。概略を図 4 に示す。ただし、建築物の転倒については未解明の部分も多く、今後の調査研究により変わり得るものであることに留意されたい。

15 状態 1：被災前の状態

状態 2：地震動による杭頭部の鉛直・水平抵抗の喪失

状態 3：圧縮側杭への水平力負担の集中による杭の支持力喪失につながる著しい破壊（傾斜の発生）

状態 4：杭の支持力喪失後の地盤の支持力不足による建築物の著しい沈下に伴う傾斜の進行

状態 5：被災後の状態（転倒）

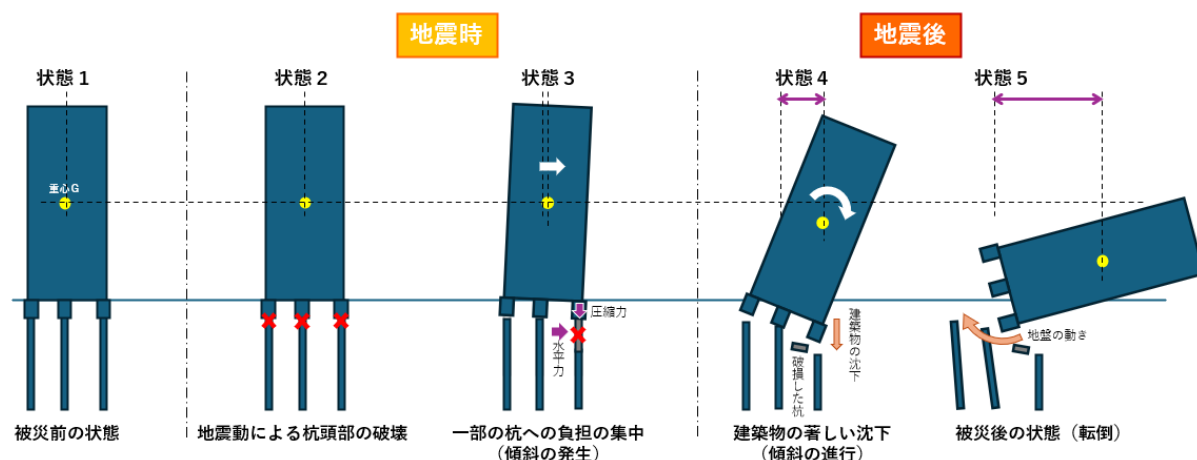


図 4 被災シナリオ

3.4 基礎地盤の被害の特徴と要因

- 25 国総研及び建研が輪島市、内灘町、かほく市、穴水町において基礎・地盤に関する調査を行った。内灘町・かほく市において、液状化が生じやすい地形である砂丘と干拓地の境界部に位置する全長約 7km の広い範囲に亘って、液状化による地盤変状と住宅等への大きな被害が確認された。

- 30 また、建築学会において、内灘町、かほく市の液状化による建築物被害の調査が行われており、敷地地盤の柱状改良により傾斜被害を免れた可能性のある事例があったことが示されている。また、比較的築年数が浅いと考えられる建築物で傾斜の度合いや地盤変状による上部構造の変形が小さい傾向にあり、基礎の構造の違いが影響している可能性が考えられる。

なお、転倒被害又は傾斜被害のあった鉄筋コンクリート造等建築物の基礎地盤に関する調査・分析については 3.3.1 及び 3.3.2 に記述したとおりである。

3.5 鉄骨造建築物の被害の特徴と要因

5 国総研及び建研が輪島市、七尾市、珠洲市、穴水町、能登町に存在する一般の鉄骨造建築物及び公共施設、教育施設等の鉄骨造建築物について実施した調査の結果に基づく要因分析を行った。

(一般の建築物)

・ 一般の鉄骨造建築物（後述する公共施設、教育施設等以外の建築物をいう。）のうち、倒壊、崩壊した建築物は 3 棟であった。いずれも空中写真等の調査から、1975 年以前に建設されていた建築物と判断され、旧耐震基準の建築物と考えられる。3 棟のうち、2 階建ての 1 棟及び 3 階建ての 1 棟については、1 階が層崩壊した。また、別の 3 階建ての 1 棟は、2 階と 3 階が崩壊していた。

・ 倒壊や崩壊に至っていない建築物において、大きな残留変形、引張ブレースのブレース端部の接合部のボルト破断、ブレース材の座屈やたわみ等が、露出柱脚でのアンカーボルトの伸びや破断、コンクリートの破壊、柱脚の移動など構造躯体の損傷が確認された。また、構造躯体に明確な損傷が見られない建築物において、外壁等の非構造部材が広範囲に脱落する被害が確認された。これらの鉄骨造建築物は、外観の錆の状況や柱に H 形鋼や日の字断面を用いていることなどから、旧耐震基準の年代（1981 年以前）の建築物が多いと考えられる。

(公共施設、教育施設等)

・ 公共施設、教育施設等については、倒壊、崩壊した建築物は確認されなかった。

・ 鉄筋コンクリート造架構で屋根が鉄骨構造の屋内運動場において、鉄筋コンクリート造架構部分と鉄骨屋根の接続部分で、コンクリートのひび割れ、破壊、コンクリート片の脱落及びアンカーボルトの抜け出し、伸び変形等の被害が確認された。また、ブレース構造の屋内運動場において、残留たわみ、露出柱脚のコンクリート部分の破壊、鉄骨鉄筋コンクリート造の架構に鉄骨造の屋根をかけた屋内運動場において、鉄骨屋根面の水平ブレースにおける破断やたわみ、柱に H 形鋼を用いた鉄骨ブレース構造の学校校舎においてブレース材で座屈の被害が確認された。

・ 耐震改修を行った公共施設、教育施設等で、鉄筋コンクリート造架構で屋根が鉄骨造の建築物では、倒壊・崩壊したものは確認されなかった。

3.6 非構造部材の被害の特徴と要因

30 国総研及び建研が非構造部材の被害情報があった建築物を対象として実施した調査（以下「国総研・建研非構造部材調査」という。）及び建築学会文教施設調査の結果に基づき、要因分析を行った。

また、国総研及び建研が石川県珠洲市において実施した瓦屋根の調査の結果に基づき、要因分析を行った。

(国総研・建研非構造部材調査)

・ 現地調査を行った大規模空間の天井の中で特定天井の規模要件（高さ 6m 超かつ面積 200 m²超）に該当する 45 件の天井のうち、被害が確認されたものは 9 件であった。このうち、吊り天井（特定天井）は 7 件、吊り天井でないものは 2 件であった。被害の内容として、天井板の損傷、垂れ下がりや落下、立ち上がり箇所の上上げ板の損傷・脱落、鋼製下地材の外れ等が確認された。吊り天井でない天井の被害として、改修により支持構造部に天井面構成部材を直接支持させる措置を講じ特定天井の適用外となった天井における被害、構造体の変形に伴う構造部材との取り付け部における天

井面材の損傷が確認された。

- 天井の被害が確認されなかった残りの 36 件のうち、吊り天井が配置されていなかったものが 29 件（過去の改修で撤去されていた 2 件を含む）、斜め部材の追加等により耐震対策した特定天井が 1 件、過去の改修により特定天井の適用外となった天井が 2 件、改修履歴が確認できなかったものが 4 件であった。
- 特定天井の規模要件に該当しない吊り天井の被害状況として、事務所や教育施設の武道場等におけるボード、パネルの部分的な脱落が確認された。
- 間仕切壁の被害については、過去の被害でみられたような壁と天井の取り合い部における壁下地材の局所的な変形や壁のボードの損傷・脱落被害、壁が下地材ごと全面的に転倒する被害などが確認された。
- ガラスの被害については、過去の地震で見られたような面ガラスの破損や窓サッシの脱落の被害が確認された。また、サッシを設けず、孔を開けたガラスを支持構造に点支持で連結する DPG 構法によるガラスの被害が複数確認されたが、これらは、震度が比較的小さい地域で、周辺の建築物に構造体や非構造部材の被害の確認が少ない中で生じており、地震時の構造体の揺れにより面ガラスに生じた応答が設計時の想定を超えたことが要因と考えられる。
- その他、過去の地震で見られた被害と同様に、生じた加速度や層間変位に十分に追従できなかったことによる各種の非構造部材の被害が確認された。

（建築学会文教施設調査）

- 建築学会文教施設調査においては、調査対象とした屋内運動場等 50 棟のうち、40 棟はアリーナに天井がなかったこと、天井がある場合でもその多くは軽量の仕上げが採用されていたこと、在来のボード仕上げが採用されていた 4 棟のうち被災度区分Ⅳw（（一財）日本建築防災協会の「震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針」（以下「被災度区分判定」という。）において最も被害が大きな区分）に該当するものは 1 棟のみであることなど、東日本大震災を踏まえた被害軽減のための天井撤去等の対策が確認されている。

（地震による瓦屋根の被害）

- 2023 年 5 月に発生した震度 6 強の地震の後に行った調査では、一部の瓦に脱落等の被害があったが、現行の瓦の緊結方法に関する告示の基準に適合する方法で施工されたと見られる住宅の瓦屋根に被害は生じていないことを確認している。令和 6 年能登半島地震発生後に同じ住宅の瓦屋根の被害状況の調査を行ったが、2 度の大きな地震を経験した後であっても、屋根瓦の脱落などの被害は確認されなかった。
- その他、一部の住宅を除き、現行の基準が施行される前に建築されたとみられる住宅を含め、多くの屋根で平部の瓦が脱落する被害は生じていなかった。その要因として、能登地方では古くから平部の瓦を緊結線などで全数留付ける工法が採用されていたことが考えられる。

3.7 津波被害の特徴と要因

国総研及び建研が新潟県上越市、石川県珠洲市及び能登町において実施した津波被害の調査の結果に基づき、要因分析を行った。

- 新潟県上越市では、海の家や住宅の浸水被害は見られたが、津波による住宅の構造躯体への被害は見られなかった。
- 珠洲市及び能登町では多くの建築物の津波被害を確認した。津波の被害形態としては、建築物の

移動・流失、外壁及び開口部の損傷（漂流物の衝突）、隅柱の流失、周囲の地盤の洗掘等が確認された。確認した範囲では、流失した建築物の土台に金物は見られなかった。津波の痕跡高さは、珠洲市宝立町鵜飼では約 3m、能登町白丸では 3m 以上の高さに及ぶものであった。

- 5 ・ 珠洲市においては、平屋鉄骨造の倉庫に、漂流した木造家屋の一部が衝突し、又は津波による水を堰止めたことにより生じたと考えられる被害として、鉄骨ブレースの降伏及び柱材柱頭の曲げ変形が確認された旨の報告がなされている²。鉄骨造建築物では開口に漂流物が堆積することで開口が閉塞し大きな波力を受ける可能性があることから、津波避難タワーの設計においてこうした点にも留意する必要がある。
- 10 ・ 津波による被害は、海に面している立地で、堤防や消波ブロック等の流れの抵抗になるものが整備されていない地域で多く確認され、これらが整備されている区域では津波による被害が軽減されていた。
- ・ 津波被害の分布は、調査エリアによらず海岸線からの距離とともに構造躯体の被害が減少する傾向が確認された。
- 15 ・ 調査建築物の外壁等に認められた浸水の痕跡から、流速、フルード数、水深係数を推定した。推定した水深係数は平成 23 年国土交通省告示第 1318 号で規定される値よりも小さく、現行規定を上回るものではなかった。

3.8 免震構造の建築物の被害状況

- 20 ・ （一社）日本免震構造協会が、石川県・富山県・新潟県に存する免震構造の建築物のうち、建築物管理者等から承諾が得られた 38 棟の被害状況の調査を行った。一部の建築物においてエキスパンションジョイント等の損傷が確認されたが、全ての建築物で構造躯体の損傷は確認されなかった。
- 25 ・ 震度 6 弱が観測された七尾市内の病院においては、免震構造の病棟と耐震改修を行った病棟が隣接しており、耐震改修を行った病棟では構造躯体の被害は確認されなかったものの家具等の転倒被害により機能継続が困難となった一方、免震構造を採用した病棟においては家具等の転倒被害はなく、地震後も機能継続できた事例が報告されるなど、機能継続を図る上での免震構造の有効性が確認された。

3.9 地震被害と建築物の継続使用性

- 30 ・ （公社）空気調和・衛生工学会、（一社）建築設備技術者協会、建築研究開発コンソーシアム、国総研及び建研が、石川県と富山県において、建築設備の地震被害やその被害が建築物の継続使用性に与えた影響を調査し、報告書³にまとめている。
- ・ 調査においては、耐震改修された RC 造建築物の既存構造部材（梁や床スラブ）や天井などの非構造部材の被害によってその周囲の安全性の確保ができず、当該部分を立ち入り禁止措置としたことに加え、建築物内の給水設備機器につながる埋設配管の損傷などの建築設備の被害により継続使用

² 壁谷澤寿一，浅井竜也，小山毅，有川太郎，福谷陽，松富英夫．“津波による被害”．2024 年能登半島地震災害調査報告会．日本建築学会災害委員会．明治大学，2024-08-27/30，一般社団法人日本建築学会，2024，p.56-58．

³ 国土交通省国土技術政策総合研究所，（国研）建築研究所，（公社）空気調和・衛生工学会，（一社）建築設備技術者協会，建築研究開発コンソーシアム．“令和 6 年能登半島地震による建築設備等の被害調査報告”，<https://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/R7/notosetsubityousa.pdf>，2025.12 閲覧

性が損なわれた事例が確認された。

- ・ また、構造部材・非構造部材の被害がない建築物であっても、埋設配管の破断などの建築設備の被害により継続使用性が損なわれた事例が確認された。
- ・ このほか、建築設備の被害がない建築物であっても、大広間や客室の天井や照明器具の落下などの非構造部材の被害により継続使用性が損なわれた事例が確認された。
- ・ 継続使用性が損なわれる要因として、構造部材・非構造部材や建築設備の被害によるものだけでなく、水道、電気などのライフラインの途絶による影響を受けた事例も多く確認された。
- ・ 一方で、免震構造を採用したことにより建築物の構造部材・非構造部材や建築物内の建築設備の被害を抑え、かつ、断水時の対策として井水を利用できる設備をあらかじめ設けておいたことにより、継続使用性を確保した事例もあった。

4. 調査結果を踏まえた総括

本報告の「2. 地震及び地震動の特徴」及び「3. 被害状況・被害要因等の分析」の調査結果を踏まえ、「構造躯体等の耐震安全性の確保」や「建築物の継続使用性、復旧・復興容易性等」について、本委員会の検討結果の総括として示す。

4.1 構造躯体等の耐震安全性の確保

4.1.1 木造建築物

- 旧耐震基準の木造建築物については、平成 28 年（2016 年）熊本地震など過去の震災と同様に新耐震基準導入以降の木造建築物と比較して顕著に高い倒壊率であった。必要壁量が強化された新耐震基準は、旧耐震基準と比較して、今回の地震に対する倒壊・崩壊の防止に有効であったと認められる。
- 新耐震基準導入以降の木造建築物では、接合部の仕様等が明確化された 2000 年以降の倒壊率が低く、現行規定は、今回の地震に対する倒壊・崩壊の防止に有効であったと認められる。
- 新耐震基準導入以降 2000 年までの間に建築され、被害状況が無被害であった木造建築物について分析したところ、壁量規定や 2000 年に明確化した基準に概ね適合しているものであった。
- 住宅性能表示制度や長期優良住宅制度を活用した木造建築物（木造住宅）は、ほぼ無被害であった。
- 能登半島における住宅の耐震化率は、各市町の耐震改修促進計画によると、輪島市で 45%（令和元年）、穴水町で 48%（令和元年）、珠洲市で 51%（平成 30 年度）となっており、国土交通省推計の平成 30 年度の全国の住宅の耐震化率（87%）に比べても低く、耐震化が進んでいないことが木造建築物の被害の拡大につながったものと考えられる。

<対策の方向性>

- 旧耐震基準の建築物について、耐震化の一層の促進を図る。
- 国土交通省は、2024 年 8 月に、「木造住宅の安全確保方策マニュアル」を公表し、この中で、高齢者世帯が多く住宅の耐震化率が低い地域等における住宅の耐震化を一層推進するとともに、資力不足等で本格的な耐震改修等を行うことが困難な場合についても暫定的・緊急的な安全確保方策が講じられるよう取組を推進するための方策をとりまとめている。このマニュアルを地方公共団体や関係事業者等へ広く周知することなどにより、木造住宅の安全確保の推進を図る。
- 新耐震基準の木造建築物について、2000 年に明確化された仕様等に適合しないものがあることに

留意し、新耐震基準導入以降の木造住宅を対象とした効率的な耐震診断方法の周知普及を図る。

- 消費者がより高い耐震性能の住宅を選択できるよう、住宅性能表示制度や長期優良住宅認定制度の一層の活用促進を図る。

5 4.1.2 鉄筋コンクリート造等建築物・鉄骨造建築物

(鉄骨造建築物)

- 旧耐震基準の鉄骨造建築物については、過去の震災と同様に倒壊、崩壊の被害が見られた。

(鉄筋コンクリート造等建築物)

- 旧耐震基準の鉄筋コンクリート造等建築物については、過去の震災で確認された被害と同様に柱のせん断破壊や柱はり接合部の破壊などの構造部材の被害や、方立壁の破壊などが確認された。
- 杭の損傷等に起因すると思われる鉄筋コンクリート造等建築物の転倒及び傾斜被害が確認された。大きな傾斜が生じたものの転倒に至らなかった建築物を含め、既製コンクリート杭の被害が見られた。大半は杭の耐震設計が確立されていない時期に建設されたものであり、被害の要因としては、杭の脆性的な破壊が考えられる。さらに、転倒被害を生じた鉄筋コンクリート造建築物においては、こうした杭の破壊に加えて、一部の杭に負担が集中し、片側に傾斜を生じやすい構造（計画）であるなどの特徴があり、さらに、杭の支持性能が失われた後に建物下面を支えることになる表層地盤が軟弱であったことから、これらが複合的に関連して転倒に至ったものと考えられる。
- 現行基準（平成 13 年国土交通省告示第 1113 号）に従って杭の耐震設計を行い、一次設計における水平力及びそれに伴う鉛直力（軸力変動）に対して短期の許容応力度以内としたものについては、これまでの震災では、杭に大きな被害を受けたものは数多く報告されているものの、今回のように転倒に至ったものはないことを踏まえると、杭頭部とパイルキャップとの接合に一定の耐力が確保されることで、杭頭部の破壊に伴う引抜き側での応力伝達の喪失による圧縮側杭への負担の集中や、引抜きを伴う転倒を抑止することが期待できる。
- なお、建築物に係る台帳により当該建築物が確認済証及び検査済証の交付を受けた記録が確認された一方、原設計の構造計算図書が保存されていないため、当該建築物が当時の建築基準法における構造関係規定に適合しているかどうかを検証することは困難であった。
- このほか、傾斜角が $1/75\text{rad}$ を超える大破の被害となった建築物や上部構造が耐震補強された建築物において杭の損傷が確認されている。

<対策の方向性>

- 旧耐震基準の建築物について、耐震化の一層の促進を図る。
- 現時点における転倒現象の過程の検討によると、現行基準（平成 13 年国土交通省告示第 1113 号）以前に建築された建築物については、建築物の基礎、上部構造及び地盤について、次の要因が重なることによって、転倒の可能性が高まる。
 - ・ 基礎が地震時に支持性能が容易に失われるおそれのある杭に支持されたもの。
 - ・ 上部構造が地震時に片側への傾斜を生じやすい構造（計画）であるもの。
 - ・ 杭の支持力が喪失した後、地盤の支持力不足により建築物が著しい沈下を生じるおそれのあるもの。

建築物が転倒するか否かを構造計算で直接的に確認することは、高度な技術を有する設計者であっても困難な現状であり、判断基準の明確化のためには、多くの技術的課題が残されている。また、建築物の転倒については未解明の部分も多いことや、これまでの震災では、杭に大きな被害を受け

たものは数多く報告されているものの、今回のように転倒に至ったものはなく、当該建築物が転倒に至ったことは上述の要因が重なったことにより生じた非常に稀な被害であったと考えられることから、現行基準以前に建築された全ての建築物が直ちに危険であるとは言えないが、今後、その安全性の確保に向けた取り組みが必要である。

5

4.1.3 地震地域係数と建築物被害

○ 建築物の構造計算を行う場合に設計に用いる地震力を算出するための係数である地震地域係数については、各地域における過去の地震記録に基づき、発生した地震の大きさや頻度等を踏まえて、地域ごとに0.7～1.0の数値を定めている。

10 ○ 一方、近年の地震では地震地域係数の低い地域においても、過去に建築物の大規模被害が発生した地震動に匹敵するような大きさの地震動が頻発している（図5参照）。

○ 今回地震が発生した能登北部は地震地域係数が0.9である。今回の地震に加え、2007年及び2023年の地震ではいずれも甚大な被害が生じたが、新耐震基準導入以降に地震地域係数を用いた構造計算を行い建築されたと考えられる建築物について、地震地域係数を要因とする倒壊等の被害は確認

15

<対策の方向性>

○ 地震地域係数が1.0未満の地域において大きな地震動が頻発している状況や、当該地域における地震動による建築物の被害の状況の検証、最低限の基準を定める建築基準法の趣旨等を踏まえながら、地震地域係数を用いた基準のあり方について検討を行う。

20

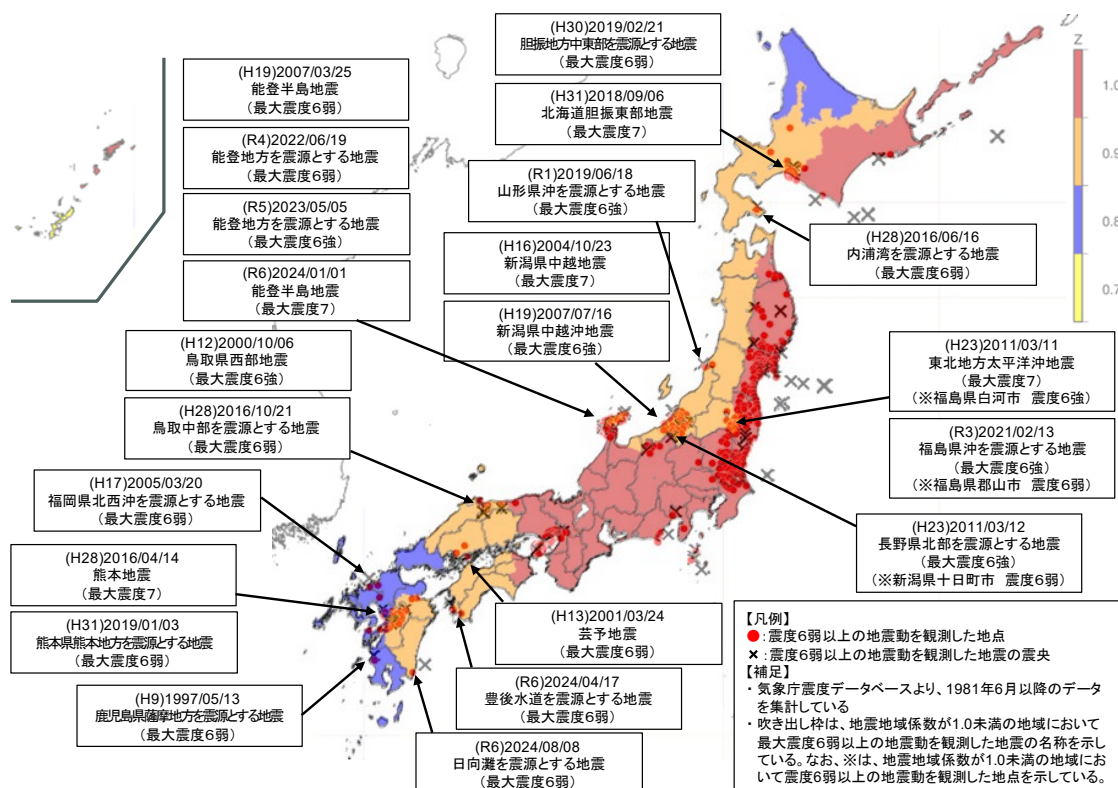


図5 1981年6月以降に震度6弱以上の地震動を観測した地点

4.2 建築物の継続使用性、復旧・復興容易性等

4.2.1 大地震を経験した低層木造建築物等（新耐震建築物）

- 建築基準法においては、大地震においては損傷を許容しているところ、地震で大きな揺れのあった地域に存する木造住宅は損傷により構造耐力が低下している可能性がある。住まいの復旧を図る上では、地震後に住み続けられるか否かの判断、構造的な被害程度の確認及び復旧方法の検討が必要であり、（一財）日本建築防災協会の被災度区分判定の活用を促進することが望ましい。
- 免震構造の建築物について、構造体の損傷の防止とともに、大地震時における機能継続を図る上での免震構造の有効性が確認された。

<対策の方向性>

- 被災度区分判定をもとに国土交通省が 2024 年 7 月に公表したパンフレット「木造住宅の地震後の安全チェック」の周知を図る。また、居住者からの相談を受ける専門家向けに被災度区分判定の普及を図る。
- 大地震時に機能継続が必要な防災拠点等について、機能継続が可能な性能の確保に向けて、免震構造を含む適切な構造の採用などを促す観点から、平成 30 年に国土交通省が策定した「防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン」の活用を促す。

4.2.2 天井・内外装壁

- 天井の全面的な脱落は確認されなかったが、特定天井を含めて、天井板の落下や鋼製下地材の外れ等が確認された。

- その他、これまでの地震でも見られているような内壁や外壁等の落下やガラスの被害が見られた。

<対策の方向性>

- 特定天井に該当する既存の天井について、耐震診断および耐震改修の一層の促進を図る。
- 内壁や外壁等の被害防止のため、引き続き、既存建築物の非構造部材の耐震診断指針^(注)等について周知する。

（注）既存建築物の非構造部材の耐震診断指針・同解説（一般財団法人日本建築防災協会）

4.2.3 耐震改修の効果・影響等

- 今回調査対象となった耐震改修を実施した木造建築物、鉄筋コンクリート造等建築物及び鉄筋コンクリート造架構で屋根が鉄骨造の建築物においては倒壊・崩壊の被害は確認されず、耐震改修の有効性が確認された。

4.2.4 液状化被害

- 液状化に関しては、住まいの復旧を図る上での課題があるところ、新潟県においては 1964 年に発生した新潟地震でも液状化の被害が発生しており、本委員会においては、過去の地震における液状化被害の経験がどのように活かされたのかを検証すべきとの議論があった。

今回の地震において液状化の被害が生じたと考えられる地域は、新潟地震で液状化の被害が生じた新潟県の市街地とは異なる一部の地域であり、過去の地震で液状化による被害が生じた地域において、その経験がどのように活かされたのかについての直接的な比較検証はできなかった。

- 建築学会が実施した液状化による建築物被害の調査においては、敷地地盤の柱状改良により傾斜被害を免れた可能性のある事例があったこと、比較的築年数の浅いと考えられる建築物で傾斜の度

合いや地盤変状による上部構造の変形が小さい傾向にあったことが示されている。今後、建築学会において、被害と建設年代との関係について分析予定である。その結果等を踏まえ、敷地地盤の柱状改良や基礎の構造が液状化による建築物被害の軽減にどのように影響したかについて可能な限り検証することが必要である。

5

4.2.5 地震被害と継続使用性

- 構造部材・非構造部材の被害により継続使用性が損なわれた事例だけでなく、建築設備の被害や水道、電気などのライフラインの途絶により継続使用性が損なわれた事例が多く確認された。
- 一方で、免震構造を採用したことにより建築物内の構造部材・非構造部材や建築設備の被害を抑え、かつ、断水時の対策として井水を利用できる設備をあらかじめ設けておいたことにより、継続使用性を確保した事例が確認された。

10

＜対策の方向性＞

- 継続使用性を確保するために必要となる、非構造部材および建築設備の損傷を低減するための耐震設計や、水道、電気、ガスなどのライフライン途絶時の対策を計画する上での配慮事項等について、「防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン」の充実を図る。

15

4.3 今後の調査研究の進捗に応じた対応

- 本委員会の調査時点では情報が得られていない項目や、建築物の転倒現象など今日においてもなお未解明の部分が多い事象について、引き続き情報収集、詳細な検討や調査研究を行い、必要に応じて適切な措置を講ずることを期待する。

20

以上