

能登半島地震 2024 被害報告～木造建物を中心に

富樫豊 240720

■1. はじめに

能登半島地震 2024 については、発震後 7 月、本格被害調査の結果も出始め、我ら震災から学ぶべきこともかなり明確化されてきている。そのような時期における震災報告書では、今後に向けた皆さんの関心が縦横斜につながる必要性を感じ、網羅的対処でなく繋がりを中心を念頭におくことにした。

構成については、液状化被害(側方流動)、木造建築の多様な被災、設計法のあり方、などについて現場感覚風(市民感覚風)でまとめるとした。全体としては、専門的に多様な視点をちりばめて読み物風とした。

なお、本稿では家屋や建物の語を混在使用とした。

■2. 地震・地盤・災害の特徴 能登半島地震さっくり

◆1. 地震概要

- ・断層はプレート境界に起因する断層ではなかった
(特異な断層の活動として地震学では位置付け)
能登半島北端部沿岸に沿う二断層の短時間差のある破壊
→ M7 クラスの強震(門前と志賀で震度 7)
- ・長周期動(卓越 1~2 秒)、50 秒程の長い継続時間が特徴
- ・広範囲に震動が広がる; 各地震度は
能登半島(6 強や 7)、富山(5 強)、金沢(5 強)、新潟(5 強)
- ・最大加速度は、1000gal~1600gal
(輪島 1632gal、富来 1220gal、珠洲 1000gal、他)

◆2. 地形・地質・地盤概要

能登半島では、能登は山地。平坦地は少。新第三紀に形成の火山岩類および堆積岩類が広く分布。海岸域の平坦地(砂地盤)。珪藻地盤(→斜面崩壊)、砂質地盤(→液状化、増幅震動)

◆3. 被害概要

◇被害種類、ただし詳細数値記載略

- ・人的被害、建造物、上下水、火災、津波、道路、他
- ・構造物被害; 震動被害、地盤変状に基づく被害
- ・生活支援; 水、トイレ(下水)、避難所、食料、燃料、他

◇社会的特徴;

- ・防災や復興の地域間格差。過疎、僻地、高齢化域、活力減
日本海側海洋断層調査はかなり後回し、低い耐震化率
- ・被害把握の遅れ、幹線道路の被害 → 初動対応遅、支援遅

■3. 木造被害概説

(1) 被災地、被害状況;

奥能登一帯は震度 6 の強震により、輪島、能登、珠洲においては、昔からの古い家屋には圧壊や倒壊の被害が多かった。

建物被害を設計期でみると(by 金沢大村田先生)、被害は旧耐震期では 6 割、新耐震期では 3 割、2000 年基準期では 1 割という。また、各設計期における被害率は、新耐震(1981~2000)期では 2 割が無被害、一部損壊が 5 割、2000 年基準期においては、無被害が 7 割弱、一部損壊が 3 割程度である。ただし、新耐震と分類している家屋には旧耐震の建物を改築しているものがかなり含まれているという。

(2) 被害様相;

被害には、周知のように地盤変状を第一要因とするものと変状無関係に強震を主因とするものがある。

a. 地盤変状;・液状化; 地盤液状化による地盤耐力減により、建物の傾斜・沈下の被害が生ずる。これは、内灘や氷見、伏木、吉久、他で見られた。

・地盤変状の今一つは、傾斜地(造成地含む)での地盤すべりや擁壁の破損(傾斜・移動)によるものである。

この他、法面崩れや擁壁傾斜・移動に伴う被害も、黒島を始め(山際にある)平坦地域や傾斜地域で見られた。

b. 強震動;・震動が(被害)主因となる要因には、強震そのものの強烈さと軟弱地盤による過大な震動増幅とがあげられる。

・今回の地震では、岩盤上の建物(狼煙域の建物)は無被害であった。これは、いうまでもなく(震動増幅の無い)岩盤のおかげである。

・奥能登では内灘のような完全液状化の体を成していなかったため、被害第一要因は強震と増幅現象にある。

(3) 平坦地における被害;

能登半島の平坦地では、海からの砂の堆積や山からの土砂の堆積による軟弱系の地盤ゆえに液状化発生もあれば、地盤の増幅性による激しい震動もあって、建物の傾斜・倒壊など大きな被害が生じている。

倒壊様相については、平屋建てでは横倒や圧壊のもの、2F 建てでは 1F 部分の横への傾斜や圧壊の被害が多い。なお、被害建物は道路をふさいで交通困難を招いてもいることも付記しておく。

(4) 寺院;

大規模木造として寺院に着目し、木造建築の被害様相を鮮明にしたい。総じて寺院は、大規模がゆえに構造物材や構造形式にも(大工棟梁により)格別配慮されているために、概して建物傾斜の被害に留まっていたとみている。しかしながら、それでも大被害となったのは珠洲の西勝寺の圧壊や輪島門前の総持寺のように回廊や別棟での圧壊もあった。なお、西勝寺では最近の大工の技量低下が被害を招いたといわれている。

■4. 地盤変状にともなう被害

▲1. 内灘の側方流動

側方流動は、液状化により水平方向に土砂が流れる現象である。これは日本海中部地震 1983 で脚光を浴び大騒ぎとなったが、新潟地震 1964 の再検証により、以前からもあった現象として確認された。今回の能登半島地震でも、内灘では側方流動が大規模に発生した。

(1) 砂丘概要; 当該地は日本海と河北潟の間に位置する南北方向に発達した横列砂丘地であり、幅(東西方向)は 1km、長さ(南北方向)は約 10km、平均標高は 20m 程(最大標高 50m 程)である。1963 年から 1971 年まで

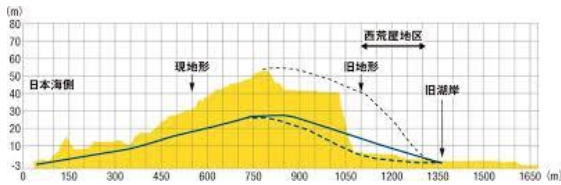


図1 砂丘断面図と被害模式図 太点線:現地下水水面 by 日経Xtech



写1 側方流動 左; 地表に出現の側方流動滑線群(写真中央で水平方向に走るステップ)

右; 潟付近の農道に砂噴列 (横列砂丘と同方向)



は、河北潟干拓工事があり、砂丘の東半分弱を削り取った砂が潟への埋土にあてられた。図1は西荒屋における東西方向の地形断面図であり、旧地形と現地形、旧地下水位と現地下水位が記入されている。



写2 液状化により建物傾斜、室内状況、宮坂

写3 西荒屋での液状化被害 噴出水で 一帯が水浸し by 神奈川新聞



(2). 側方流動概要;

砂丘を削り取られつくられた緩い傾斜の平坦地では、地下水位が地表近くに位置するので、地震による一帯の液状化については、側方流動を伴い、砂丘頂に近い側では沈下がおこり、干拓に近い側では隆起が伴っていた。

また、流動開始線(地割れ、すべり線)の痕跡については、砂丘平坦部の中央(砂丘頂部と潟との間)で地表面傾斜が若干変化する場所に流動すべり線(写1)が現れていた。しかも刺身の切れ目のように幾条ものすべり線が砂丘横列と平行に細長く横たわっていた。

(3). 側方流動による建物被害

側方流動先においては、三種類の被害があった。
・建物沈下や傾斜による被害がある(写2は室内模様)。
・地盤隆起による道路の浮き上がり等の被害があ



写4 家屋被害 道路面とその周辺の地盤隆起 (駐車場床面隆起)

写5 手前の地盤隆起 建物沈下あり RC造は若干傾く



る。沈下と隆起が隣接の場合として、写4の例では宅地駐車場床板や道路面が浮き上がり、駐車場の後ろには宅地沈下があった。・液状化による噴出水により一帯が水浸しになる被害(写3)があった。

(4). 直接基礎建物; RC3階建て(直接基礎)建物(写5)では、建物全面の路面地盤に隆起があり、直接基礎下部の地盤液状化で建物沈下があった。なお、内灘一帯には支持杭基礎建物がいくつもみられたが、液状化被害はなかったとみている。
(5). 補足。液状化による被害建物では、液状化地盤が地震免震の機能により、強震そのものによる上屋の損傷は少なかった。

■5. 強震による被害、木造被害

▲1 総持寺; 1321年開創の曹洞宗大本山總持寺祖院



写6 総持寺

左; 祖院 写真で左隅沈下下; 香積台、祖院正面 右側に直角隣接、手前のブルートは崩壊した回廊



上; 香積台 鴨が柱を外れる 右; 山門、祖院対面、無被害 下左; 参道門柱が基礎石から抜る 下右; 祖院左側の回廊、倒壊寸前



2007年地震では建物に傾斜等被害あり。大修理は、40億円をかけ2017年に着工し、2021に完了となった。にもかかわらず、寺院は今回の地震に見舞われ、復興目途が立たないくらいの大被害を受けた。

被害原因については、総持寺の境内(山門と本堂の間)に八ヶ川の支流が流れており、その周辺の地盤に問題ありといわれている。また地盤については、本堂の裏山が若干滑ったようであり、本堂の端部では2mほどの沈下があった。この沈下が上屋をねじらせたのではと考えられている。この他、被害について記すと；

- ・寺院内のいくつかの建物が倒壊、

回廊も崩壊。回廊は耐震補強されていなかったことと地盤の増幅現象の結果かと。

祖堂の南西側にある香積台も基礎の沈下および上家のねじれにより被害。貫が柱(ほぞ穴)からははずれ、壁には水平亀裂が走っていた(写6)。

- ・参道の敷石の剥離、石柱や石積み塀の転倒や落下。
- ・参道前の門においては、柱が基礎石ほぞ穴から飛び出していた。これは上下動の影響と思われる。

▲2 平坦地での基礎側の破損に起因した被害

基礎側の破損が上屋に影響した結果の被害は少なからずあると思われるが、大破崩壊した建物の基礎部の損傷を見ることは難しく、今の時点では詳細調査を待たないと何ともいえない。

写7 珠洲浜屋造り
喜兵衛どん

下；正面



上；写真左手前側の基礎部に破損。建物傾斜

ここでは一例のみ。珠洲上戸にある大型木造平屋建造物の「喜兵衛どん」と呼ばれる郷土博物館(1887年に再建、建物の様式は「浜屋づくり」という)について。

地震により、建物コーナーの石積みが崩れ、その上の木造構造材が沈下した結果、上屋全体が傾斜した。室内は散乱していたが、それ以外に目立った損傷はなかった。(写7)

▲3 建物剛性の高さ方向の不均衡による被害

今回の地震で目立ったのは、2F建て建物において、2Fがそのままに近い状態を維持して1Fのみが圧壊している被害であり、これまでの地震でも多々見られていた。原因については、剛性の高さ方向のバランスが図られていないことに加え、2Fに対し1F剛性が低いこ

とによるとされている、すなわち、1Fでは開口部を優先的にとることによって、耐震要素を適切に設置できなかった結果といえよう。(写8)

しかも、最近取りざたされているのは1Fと2Fの剛心が一致せず、時にはかなりかけ離れていることも被害を大きくしているという懸念である。この場合は、2Fの剛性を今少し低下させることにより少しでも2Fにも地震力を負担させてみてはどの考えもある。

確かに2Fが地震に抵抗しない塊となれば、1Fのみで地震に耐えさせることはきつまいといえよう。

写8 2F建て家屋の1F崩壊、輪島
右；数少ない2000年基準の建物の被害下2；古い建物



▲4 珠州市正院、無被害家屋あり

正院では2023年の地震で液状化発生等により大被害があったばかりのところに、2024年の地震で至る所で全壊の被害があった。ところが、海岸の直近にあった三軒のみ無被害であり、住民は避難もせず今なお暮らしておられる。様相をいくつか記してみる。

・津波：浜の奥行きがかなり長かったので、津波は浜の奥(正印宅地域)までは達しなかった。

・無被害理由；小口径杭(二十数本)打設したので、無被害であった。建築主は杭が耐震に有効ということを知ったので、今回、耐震知識の活用として現場人に無理に依頼して施工してもらったという。ここに、市民への耐震についての働きかけが重要であることを再認識する次第である。



写9 正院の建物
左；大破の建物

右；無被害3棟
写真左側に浜辺あり



◆5 耐震補強された伝統木造建築、黒島角海家

能登半島地震 2007 により軽微な被害のあった角海家が耐震改修され、その後も改修が続行されていた。そこに今回の地震到来により、建物は倒壊した。

倒壊要因としては、耐震改修が効かなかったこと、上下動が大きかったこと、黒島全体に地盤が隆起かつ山間からの若干の滑りが多少関係したのでは、といったことが挙げられている。以下に述べる。

- a. 当該地では上下動が水平動より 3 割程大きく、上下動が被害を大きくしたようである。設計時はもちろん、改修時においても上下動の考慮はありえずであろう。
- b. 地盤すべり；目立った地盤滑動がなかったとはいえ、基礎部に何らかの影響はあったのではと考える。
- c. 耐震改修；いわれている改修は、添え柱設置、壁の増設などであるが、対象箇所はわずかであった。このためか今回の地震では、建物は倒壊した。耐震補強は効をなさなかったといえる。調査の方によれば、耐震改修ではいくつかの業者が分担担当していて、それぞれの技術バルの違いにより、補修が効いていたところもあれば、そうではなかったところもあったようである。このためもあって全壊という結果になったのでは、と。なお、耐震補強ではおそらく予算の関係上部分的にしか施工されなかったことも崩壊要因といえる。

▲6 虫害・腐朽：虫害は支配的な要因ではなかったものの 2 割ほどの建造物には被害をもたらしたとみている (by 村田先生)。ここでは、二例紹介。

- a. 黒島の角海家の倒壊現場では、柱がむき出しの部分には虫害が確かにあった。倒壊の原因にあらず (by 詳細調査者)。
- b. 総持寺にて、小さな柱の欄干が根元から倒壊。根元部分には腐朽あり。参道の明かり小塔の倒壊も根元腐朽。

■6. 設計について

耐震設計にもいくつか反省点があった。列挙する。

・新耐震設計の主旨には、地震時屋内から外への逃げ時間を確保して犠牲者を出さないという考えがあるが、今回の地震では強震ゆえに逃げどころではなく座り込むので精一杯の現実があった。この現実はどう設計が対処すべきか。(by 実務者)

・耐震補強については、予算の関係で必要な補強がなされずじまいが多い。これは耐震補強の意味が建築主には十分に理解されていない結果とはいえ、どう対応すべきかさらに検討が要である。

・杭打設や制震装置設置の取り組み要。これについては、まだまだ世間には浸透していない。木造構造物も確かに設計法の進化や最近の制震ガンパ設置も進み始めているものの、これらは過疎地や高齢地では見かけず。なお、設計分野では、限界耐力設計をしないとガンパ設置できずとの誤解も一部に多少あったようである。住宅でももっと制震をとるべきである。

・虫害・腐朽については、被害第二要因には十分になりうるとはいえ、設計面での対処よりも材料選定の厳格



写 10 黒島角海家
左；倒壊前の雄姿
by 日経 Xtech
下：倒壊



図 2
角海家
平面図、耐震改修位置
記入
by 日経
Xtech

化が要とされる。

なお補足として、寺院建築や文化財建築では、耐震補強は部材の補強のみに費用をかけており、地震エネルギーの吸収や地震力から建物を守るアイルク設置といった工夫はほとんど見られない。

ここであえて高岡市の飛鳥山善興寺における 2020 年の耐震改修を紹介 (写 11)。

・東石は通常大ききの数倍にして石場立ての地震滑り範囲を確保。
・床下梁の設置で基礎上部の剛性を向上。
・96 個の制震ガンパを床下に設置。
・本事例は富山県内や他地域に伝わらず。(by 坂井修一氏、善興寺パン)



写 11 善興寺床下制震ガンパ

■7. おわりに (今後に向け)

皆さんの関心が俯瞰と深堀により充実するように木造建築の特徴的な問題について論述しまとめた。

・設計の今後。耐震性能向上の評価は当然にしても、さらに強度向上を目指すのか、制震ガンパ設置にも可能性を広げていくのか。長継続時間や繰り返し到来地震についてどうすべきか。

・耐震化性能の今後；既存不適格へのより質の高い対応をどうしていくのか。

・耐震化についての市民の理解増進を；例、正院の激甚地の無被害家屋は小口径杭打設の知識が功を奏す。

・そもそも過疎地や僻地における格差問題をどう取り組むのか。復興についても未だ対処の基本が見えず。

▲被害については、火災や RC 造等の問題に加え、地震性状や復旧復興などにも言及要。これらを含めて本稿の内容をより知りたい方は、<http://buna.html.xdomain.jp/>

▲謝辞；金沢大学村田先生を始め関係各位には謝意を表します。