

□ 令和6年能登半島地震による 石川県の津波調査

金沢工業大学 工学部環境土木工学科 准教授 有田 守

1. はじめに

令和6年1月1日16時10分に、石川県能登半島北部においてMw7.5の地震が発生し^{1), 2)}。地震により誘起された津波は、能登半島沿岸に190 haの浸水被害をもたらし³⁾、富山湾、新潟県沿岸の広い範囲に影響を与えた。津波とその甚大な被害の発生を受けて、土木学会海岸工学委員会では、令和6年能登半島地震津波の合同調査グループを組織し、精力的な観測が実施された⁴⁾。著者は合同調査チームのメンバーとして石川県の全域の海岸調査を行い、その結果を報告する。

石川県で津波被害が最大となったのは震源近くに位置する能登半島東岸部であり、珠洲市から能登町にかけて、海岸沿いの家屋や港湾に深刻な被害が発生した。この地域における津波の伝播は半島周辺の複雑な海底地形の影響下にあり、津波による浸水域やその被害の分布も複雑で特徴的であった。詳細な現地調査を行ってその特性を明らかにすることは、この地域における津波の伝播特性を解明し、今後の津波防災を検討する上で重要な資料となる。

本報は著者らが合同調査グループの活動⁴⁾の一環として実施した石川県能登半島における現地調査結果に基づいて、計測した津波高さやその被害について、まとめたものである。

2. 現地調査の概要

(1) 津波痕跡高の計測法

令和6年1月4日～2月12日にかけて、津波痕跡高の観測を実施した(図-1)。計測点の総数は91点で、沿岸方向約70 kmの範囲に渡っている。観測は、家屋等のガラス面や壁面に残った明瞭な津波痕跡や、風の影響を受けにくい比較的重量のある漂流物を主な対象とし、周囲の状況と慎重に比較して痕跡高(浸水高、遡上高)を決定し、測定にはトータルステーションを使用し、潮位補正を行った、津波最大波の正確な来襲時刻は不明であるが、令和6年1月1日16時～18時に能登半島全域に時間差で到達していると考えられる。

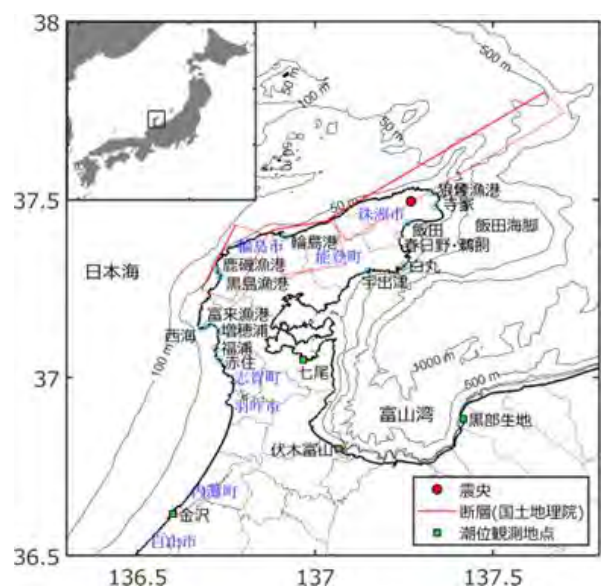


図-1 調査領域の概要

(2) 津波浸水・被害の特性抽出

測定データから、痕跡高の沿岸方向変化を解析し、その特徴を抽出した。合わせて、石川県による津波浸水想定⁵⁾の結果や各地域での施設高、既往津波（日本海中部地震津波および北海道南西沖地震津波）の痕跡高分布と比較して、今回の津波被害の特徴について考察した。既往津波の痕跡については、東北大学の津波痕跡データベース⁶⁾を参照した。

3. 津波痕跡高・浸水範囲および津波被害の空間変動特性

石川県に作用した津波は能登半島に甚大な被害をもたらしている。能登半島西側では、金沢港でも0.9mの津波が観測されているが、海岸で痕跡

として津波が確認されたのは羽咋市の柴垣海岸である。ここでは、能登半島を被害の激しかった東部、西部、地盤隆起により津波被害が確認できなかった北部と分け、津波作用が確認された、東部と西部について調査結果を示す。

津波合同調査の活動⁴⁾で著者らが計測した能登半島東部の津波痕跡高の空間分布を図-2に示す。

図-2より、痕跡高は飯田海脚（図-1参照）に面する北部領域で高く、4～5mを超える極大値が珠洲市寺家、飯田、春日野・鶴飼地区、能登町布浦や白丸で観測された。各地区の痕跡高、浸水範囲と津波被害の特徴を次に述べる。

(1) 珠洲市沿岸域

a) 狼煙・折戸地区

狼煙・折戸地区は珠洲市沿岸部に位置し、津波

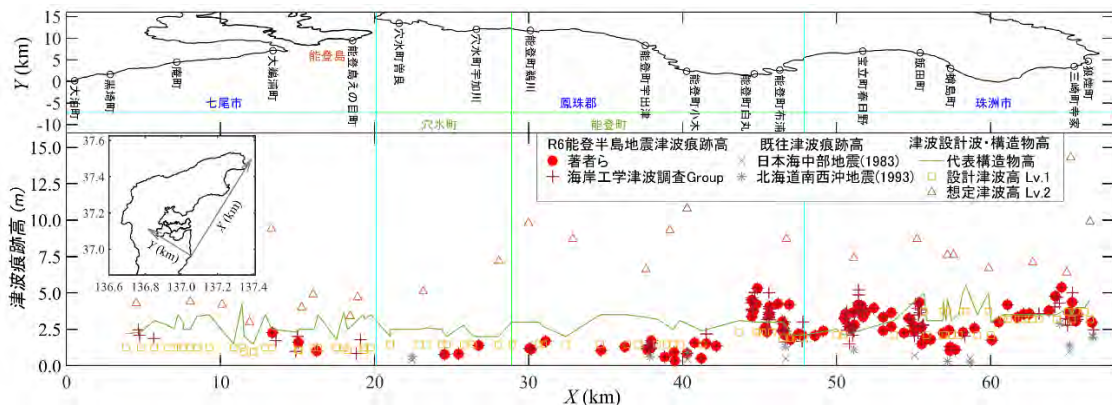


図-2 能登半島東側 津波浸水高・遡上高の沿岸方向分布および歴史津波の痕跡高、想定津波高、代表構造物高との比較

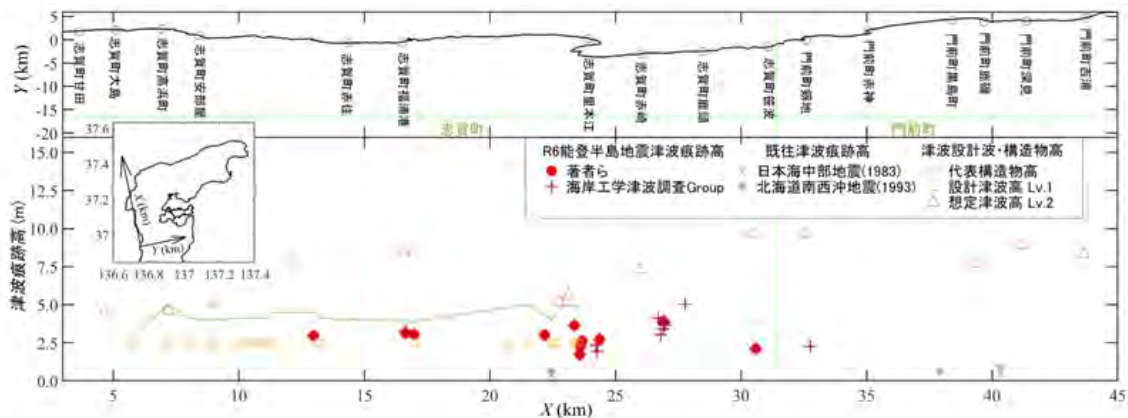


図-3 能登半島西側 津波浸水高・遡上高の沿岸方向分布と歴史津波・想定浸水高・施設天端高との比較

震源域直近で、狼煙漁港では1.5 m程度の地盤隆起が確認され、区長によれば地震発生から5分後に津波が到達したが、日頃の避難訓練が奏功して、無事に避難行動が実施できたことが報告され、最大浸水高約4.5 mの津波が到達したが、家屋への浸水被害は確認されなかった。

b) 寺家地区

寺家地区は珠洲市北東沿岸に位置し、背後に段丘地形を有している。寺家地区で観測された遡上高は最大5.6 mで、珠洲市沿岸でも高い津波が来襲した地域である。この地域は海岸線から内陸に入ると急峻な地形が連なっており、地形が津波遡上に影響を与えたと考えられる。海岸に面した第一列に位置する建物を中心に、津波による大規模な被害が多数確認された。

c) 飯田・蛸島地区

飯田・蛸島地区は飯田湾北部に位置し、砂浜は離岸堤等によって守られている。海岸線背後の低平地は奥能登の四市町（輪島・珠洲・能登・穴水）で最も広い。浸水範囲は上戸町から蛸島漁港まで沿岸約6 kmに渡りほとんどが、海岸線から陸へ50 m未満の範囲である。港周辺の海岸護岸天端高2.9 m (T.P.3.1 m) に対し、浸水高は約1.4～4.4 mであった。

津波が飯田港に16時41分頃来襲する映像が珠洲市役所で撮影・報道されている。沖合の南方向から入射した波が防波堤の開口部等から港内に侵入し、岸壁等の構造物に衝突して越波・越流した。東防波堤周辺では、ケーソンや消波工の転倒・傾斜や沈下被害が発生し、防波堤の倒壊は南向き区間の約130 mの範囲で著しい。飯田港周辺の海底地形は複雑であり、津波は水深の深い谷地形に沿って速く伝播し、若山川河口周辺の浅瀬に収斂するようにして、飯田港に来襲した可能性が考えられる。

d) 春日野・鶺鴒地区

春日野地区は、磐若川と鶺鴒川に囲まれた地区であり、鶺鴒地区は鶺鴒川から南に位置する。鶺

鴒地区には漁港があり、防波堤に守られている。鶺鴒港近くの家屋から撮影された映像から、津波による浸水は16:44頃に発生したと推定される。現地調査結果から、春日野・鶺鴒地区には最大浸水高5.2 mの津波が来襲したことがわかった。春日野・鶺鴒地区では、津波による建物被害や強振動による建物の倒壊、地盤変動、液状化、道路の寸断、建物の火災など、多岐にわたる被害が発生したことが確認された。

(2) 能登町沿岸域

a) 松波地区

松波地区は飯田湾南端部に位置し、松波漁港や隣接する砂浜背後の低平地に集落がある。津波浸水は漁港を含む沿岸約1.2 kmで発生した。津波被害は港での漁船の沈没・転覆や岸壁への打上げ、漁港施設の損壊、港に隣接する海岸護岸の約50 mに渡る倒壊および海岸付近の家屋・田畑の浸水等であった。

b) 布浦地区

布浦地区は飯田湾南側の岬の裏に位置する。飯田海脚で増幅された津波がリアス式形状の湾に侵入し湾奥部の九里川尻川河口付近にある内浦総合運動公園や背後の田畑の平地を遡上して広い範囲が浸水した。津波痕跡高は総合運動公園周辺で2.5～4.2 mであり、公園内の建物には津波痕跡線が複数観測され、長時間の浸水が推定された。河口から川沿いに長く続く氾濫平野の地形特性によって、海岸線から直線で約800 mほど内陸まで津波が遡上したことを示す痕跡が確認された。

c) 白丸地区

白丸地区は布浦地区の南方に位置する。地区中央を流れる白丸川周辺は低平地であり、津波の遡上距離は約450 mである。津波痕跡高は約4.8 mであり、特に地区北部の白丸漁港付近の家屋で5.3 mと局所的に高い値を示した。この地域では、津波火災も発生した。漁港南側の一部地区で地震、もしくは津波を契機に火災が発生し、延焼した様

子が確認された。

(3) 穴水町・七尾市

穴水町と七尾市は能登半島の中央部東側に位置している。2市町の間には能登島がある。七尾湾の湾口は狭く、やや閉鎖的な海域であり、海岸線はリアス式海岸の特徴を有し、湾内では波浪の影響は小さい。

穴水町における津波の影響は、富山湾に面した一部の地域で砂浜を遡上した痕跡や漁港内の漁具が移動するなど限定的であり、能登半島の北部に比べて被害は軽度であるといえる。

(4) 輪島市（能登半島の西側）

輪島市は能登半島北端の沿岸中央から西部に位置する。津波痕跡調査は輪島港周辺と西部の鹿磯漁港以南に限られる。輪島市の津波調査範囲は断層に極めて近接しており、地盤隆起の影響を強く受けている。能登半島西部の北側は海岸の隆起が最大4mほどあり、西部の津波痕跡高は平均的に3m程度だったため、明確に津波痕跡として計測できた海岸は輪島市門前町の琴ヶ浜海水浴場より南側の地域から志賀町赤住までの約20kmの区間に限定された。

(5) 志賀町

志賀町は能登半島西部沿岸に位置する。能登半島の他の地域と同様に沿岸は岩礁が多く、富来漁港の東側に増穂浦、町の南端に千鳥ヶ浜などの砂浜が形成されている。町の中央付近の福浦と赤住の間に志賀原子力発電所が位置している。北部では地盤隆起の影響が見られる。津波の影響は漁港内の監視カメラの映像や漁具の散乱、砂浜・岩礁に残された漂着物から志賀町のほぼ全域で見られた。津波痕跡高の最大値は志賀町鹿頭の海岸で5.0mであり、津波は地域的に志賀町赤崎付近で高かった。

4. 考察

(1) 事前想定・既往津波高、施設整備状況との比較

能登半島東側の津波痕跡高を事前想定されたレベル1と2相当の津波高⁵⁾、現況の海岸施設の天端高や過去の津波高⁶⁾と比較し(図-2)、浸水・被害の特徴を考察する。今回の津波痕跡高は能登町小木より南部の穴水町・七尾市ではレベル1相当であった。北部領域の飯田海脚(図-1参照)に面する地区ではレベル1相当を超える痕跡高が寺家、飯田、春日野、鶴飼、布浦、白丸地区で観測されたが、レベル2相当は越えていない。

その傾向は石川県の津波設計波L1の傾向と類似している。また、今回の津波は設計津波波高L2より数m低い。一方、歴史津波と比較すると2~3m程度高い。これは歴史津波の波源が能登半島の北東にあること、波源からの距離が離れていることが影響していると考えられる。海岸堤防や護岸の天端高は平均水面から4.0~5.0mの高さがある。海岸施設高が分かっている範囲では、今回の津波痕跡高は施設高を1.0~2.0m下回っていることが確認できる。冬季の高波浪に対して設計された海岸防護施設によって調査範囲の大部分の居住地は津波の浸水を防ぐことができた。ただし、天端が低く岸壁がある漁港周辺などでは浸水被害も確認された。

能登半島西側では隆起によって津波の被害はある程度軽減されたが、津波痕跡高の最大値は志賀町鹿頭の海岸で5.0mであり、志賀町赤崎付近で高かった。この地域の堤防・護岸等の代表的な施設天端高は約2~5mで、3m前後が多い。施設高はレベル1の想定津波高より高く、レベル2と比べると低い。そのため前述の南部領域では、代表施設の天端高に比べて部分的に低い所(港の岸壁など)を除くと、浸水被害はほぼ観測されていない。

今回の津波の能登半島東岸地区での痕跡高は、遠地津波で能登半島に襲来した1983年日本海中部

地震や1993年北海道南西沖地震の津波高0.5～2 m程度に比べて数倍高い。また近地津波のため津波の到達時間は早く、津波被害が顕著な珠洲市や能登町の各地区では5～30分程度で浸水した。過去の近地津波としては1993年能登半島沖地震で0.2～0.3 m程度の潮位変化が観測された。以上より、本地震津波は能登半島に襲来した近年の津波で最も高く、早く到達した危険な津波であった。

5. おわりに

今回得られた主要な成果は以下のようにまとめられる。

外洋に面する地域では、津波痕跡高は沿岸方向に振動的に変化し、珠洲市寺家地区、飯田地区、春日野・鶴飼地区および能登町白丸地区に複数のピークが点在する形で、最大5.6～2.1 m程度の浸水高・遡上高が観測された。一方、内湾に位置する穴水町、七尾市では津波痕跡高は2.5～1.0 m程度の低い値となった。

汀線からの浸水距離については、九里川尻川沿いに低平地が広がる布浦地区が最大であり、次いで、春日野・鶴飼地区が大きい値をとった。港湾については、飯田港において最も顕著な被害が確認され、二方向からの津波の襲来が推定された。観測された浸水範囲は石川県の事前想定と比較して狭く、建物被害の程度や浸水範囲の広さは海岸後背地の低地や段丘等の地形分布や海岸防護施設の天端高変化と良く対応した。

志賀町で計測された津波痕跡高の最大値は、志賀町赤崎地区の4.2 mであった。浸水範囲や津波被害は局所的であり、主に港湾区域内や護岸直背後に限定された。

地盤隆起の影響は、志賀町西海風戸地区以北で顕著であり、輪島市鹿磯漁港や黒島漁港において、地盤が3.5～4.0 m程度上昇して港内水深が著しく減少し、一部では海底面が干出した。また、鹿磯漁港南側の砂浜海岸において、汀線が150～250m

程度前進し、水面下の岩礁帯が露出するなど、浜幅が大幅に増加した。地盤隆起により、約25万m²に渡って砂浜が拡大したことが空撮映像から推定された。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金（課題番号：23K17482）の補助を受けた。解析に用いた地形データは国土交通省北陸地方整備局、石川県に提供いただいた。ここに記して謝意を表する。

【REFERENCES】

- 1) 国土地理院：令和6年(2024年)能登半島地震に関する情報 https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earth-quake.html, 2024年4月1日参照, 2024. [Geospatial Information Authority of Japan (GSI). https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20240101_noto_earthquake.html. accessed on 2024-04-01.]
- 2) 気象庁：2024年能登半島地震 -ポータル-, https://www.jma.go.jp/jma/en/2024_Noto_Peninsula_Earthquake/index.html, 2024年4月1日参照, 2024. [Japan Meteorological Agency (JMA)：2024 Noto Peninsula Earthquake-Portal, https://www.jma.go.jp/jma/en/2024_No-to_Peninsula_Earthquake/index.html. accessed on 2024-04-01.]
- 3) 国土交通省：令和6年能登半島地震 津波による浸水および海岸保全施設の被害状況（速報）, https://www.mlit.go.jp/river/bousai/240101_noto/pdf/tsunamishinsui_higai_240202.pdf, 2024年4月1日参照, 2024. [Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT). Aerially estimated tsunami inundation area, https://www.mlit.go.jp/river/bousai/240101_noto/pdf/tsunamishinsui_higai_240202.pdf. accessed on 2024-04-01.]
- 4) 土木学会海岸工学委員会：令和6年能登半島地震津波調査情報 <https://coastal.jp/info/library/noto20240101/>, 2024/4/1参照. [Coastal Engineering Committee, JSCE: 2024 Noto Peninsula earthquake tsunami information, <https://coastal.jp/english/noto2024en/> accessed on 2024-04-01.]
- 5) 石川県：平成23年度石川県津波浸水想定調査報告書，第5章，2012. [Ishikawa Prefecture: Technical Report on estimated tsunami inundation, Chap. 5, 2012]
- 6) 東北大学災害科学国際研究所：津波痕跡データベース, <https://irides.tohoku.ac.jp/publication/database/tsuna-mi-db.html>, 2024年3月1日参照, 2024. [International Research Institute, Tohoku University: Tsunami trace database, <https://irides.tohoku.ac.jp/publication/database/tsuna-mi-db.html>. accessed on 2024-03-01.]