R6.7.5　静岡県地質調査業協会講習会

# 令和6年1月1日能登半島地震の被災状況とその特徴

金沢工業大学　地域防災環境科学研究所
特任教授　　川村國夫

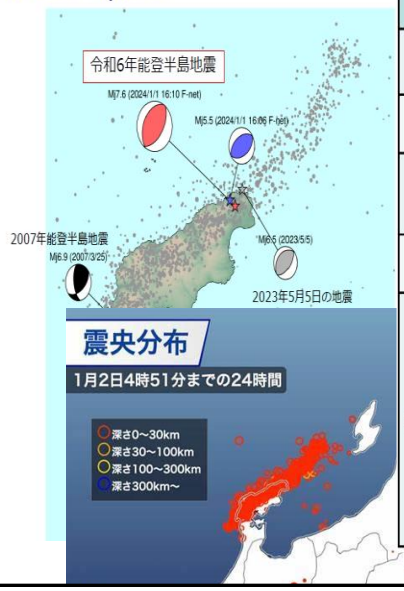
## 発災直後の奥能登の状況

# 1. 発生地震の規模、特徴（京大防災研）

## 令和６年能登半島地震　The 2024 Noto earthquake

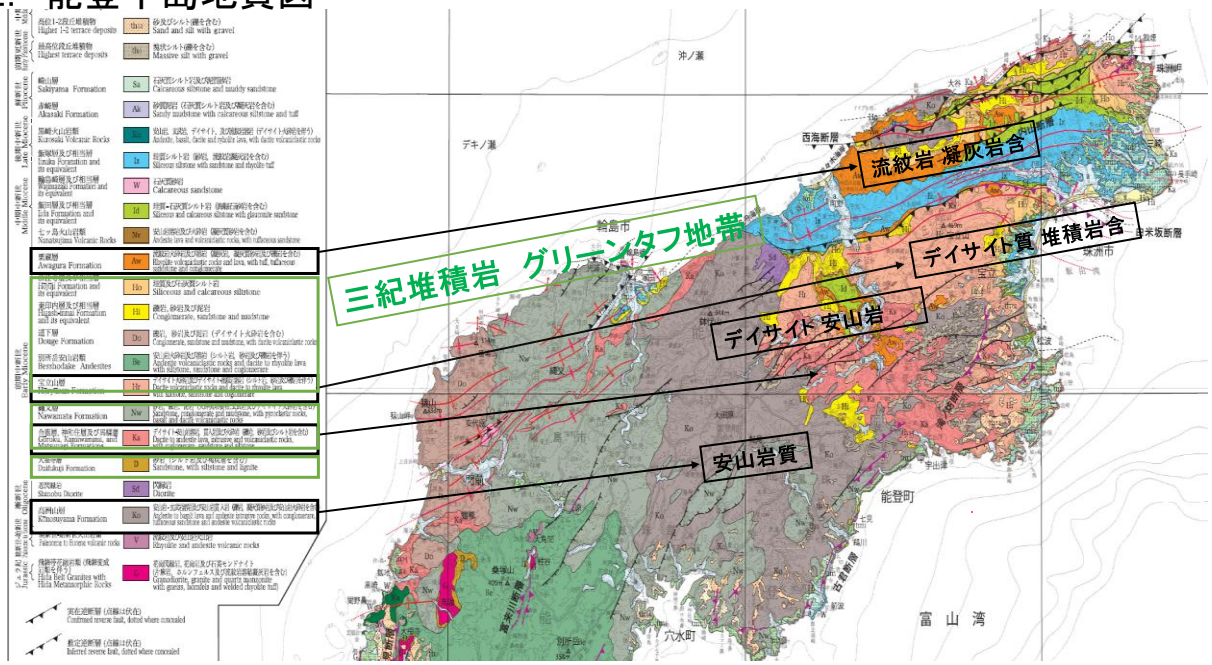
- 令和6年1月1日 16時10分頃
  石川県能登地方を震源とする Mj7.6の地震
  M7.6 EQ hit the Noto area in Japan at 16:10 on January 1st, 2024
- 震源深さ 16km
  The hypocenter depth is about 16km.
- 逆断層型の地殻内地震
  An intraplate earthquake with a reverse fault mechanism.
- 最大震度７
  The maximum seismic intensity scale of JMA is 7.

震度７　志賀町香能
震度６強　七尾市　輪島市　珠洲市　穴水町




| | R６能登半島地震 | H１９能登半島地震 |
|---|---|---|
| 発生時刻 | 令和６年１月１日<br>１６時１０分 | 平成１９年３月２５日<br>９時４２分 |
| マグニチュード | ７．６ | ６．９ |
| 最大震度 | ７：輪島市、志賀町<br>６強：珠洲市、穴水町<br>能登町 | ７：なし<br>６強：七尾市、輪島市<br>穴水町 |
| 最大加速度 | ２、８２８ガル | ５４３ガル |
| 震度分布図 | | |

# 2. 能登半島地質図



# 3. 道路災害

## 3.1 能越道被災状況（復旧：直轄権限代行）

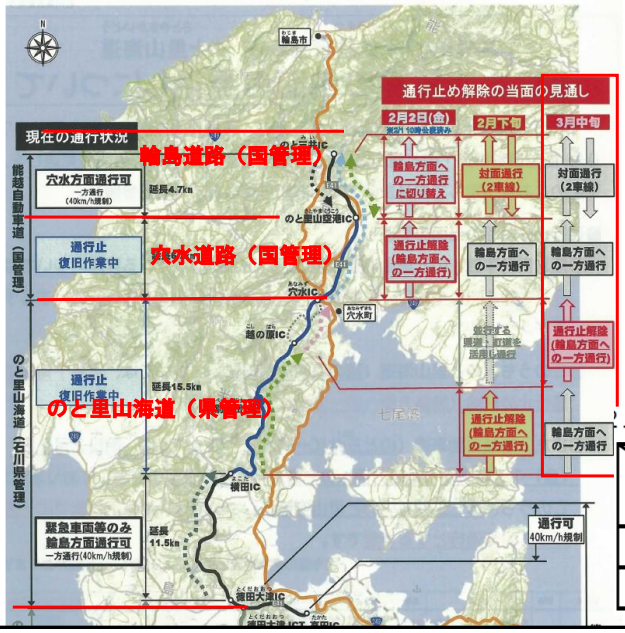



表１．被災箇所数

| 分　類 | 箇所数 |
|---|---|
| 斜面崩壊 | ５ |
| 切土法面崩壊 | １０ |
| 地すべり | ０ |
| 落　　石 | ０ |
| 盛土崩壊 | ３４ |
| トンネル | ０ |
| 橋　　梁 | １３ |
| 路　　面 | １１６ |
| 計 | １７８ |

．本線盛土崩壊区間の交通確保状況（ランプ等本線以外３箇所を除

| | ２車線区間 | | ４車線区間 | |
|---|---|---|---|---|
| | 通行可能 | 通行不可 | 通行可能 | 通行不可 |
| 箇所数 | ６／２６ | ２０／２６ | ５／５ | ０／５ |
| 割　合 | ２３％ | ７７％ | １００％ | ０％ |

## (1) のと里山海道盛土崩落

のと里山徳田大津IC付近 2.4Kp盛土崩落

のと里山能登大橋アプローチ2.4Kp盛土崩落

**R6 崩落盛土21箇所**

| 番号 | kp | 上下 | 盛土概要 盛土形状 | 盛土段数 崩壊側 | 盛土段数 非崩壊側 | 盛土崩壊被災概要 道路被災状況 | 被災形状 | 崩壊延長 | 崩壊高さ | 崩壊土量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N25 | 1.0 | 下り | 両盛土 | 2段 | 1段 | 全欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約60m | 約17m | 約6,000㎥ |
| N26-1 | 1.9 | 上り | 片盛土 | 7段 | 0段 | 全欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約115m | 約39m | 約10,000㎥ |
| N26-2 | 2.0 | 上り | 両盛土 | 6段 | 1段 | 路面クラック | 沢状 泥流化_中 | 約70m | 約13m | 約2,000㎥ |
| N27 | 2.4 | 上り | 片盛土 | 8段 | 0段 | 全欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約170m | 約43m | 約14,000㎥ |
| N36-2 | 5.5 | 上り | 片盛土 | 4段 | 0段 | 全欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約70m | 約29m | 約10,000㎥ |
| N43 | 10.3 | 上り | 片盛土 | 4段 | 0段 | 全欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約90m | 約27m | 約20,000㎥ |
| N45 | 10.9 | 上り ランプ | 両盛土 | 4段 | 1段 | 半欠壊 | 平面状 泥流化_中 | 約90m | 約22m | 約80,000㎥ |
| N46 | 11.1 | 上り | 両盛土 | 4段 | 1段 | 半欠壊 | 平面状 泥流化_中 | 約80m | 約18m | 約15,000㎥ |
| N48-2 | 11.7 | 上り | 両盛土 | 3段 | 2段 | 半欠壊 | 沢状 泥流化_小 | 約30m | 約15m | 約3,000㎥ |
| N49-2 | 12.1 | 上り | 両盛土 | 4段 | 1段 | 全欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約185m | 約25m | 約35,000 |
| N52-1 | 13.8 | 上り | 両盛土 | 5段 | 2段 | 全欠壊 | 沢状 泥流化_中 | 約75m | 約26m | 約35,00 |
| N52-2 | 14.1 | 下り | 両盛土 | 4段 | 3段 | 全欠壊 | 沢状 泥流化_中 | 約60m | 約25m | 約11,000㎥ |
| N53 | 14.7 | 上り | 両盛土 | 6段 | 1段 | 全欠壊 | 沢状 泥流化_中 | 約85m | 約32m | 約32,000㎥ |
| N55 | 15.6 | 上り | 両盛土 | 5段 | 2段 | 全欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約170m | 約28m | 約19,000㎥ |
| N56-3 | 16.0 | 上り | 両盛土 | 2段 | 2段 | 半欠壊 | 沢状 泥流化_小 | 約20m | 約12m | 約4,000㎥ |
| N57-2 | 16.3 | 上り | 両盛土 | 5段 | 1段 | 半欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約105m | 約30m | 約16,000㎥ |
| N57-3 | 16.4 | 上り | 両盛土 | 7段 | 3段 | 半欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約250m | 約42m | 約34,000㎥ |
| N58-2 | 16.8 | 上り | 両盛土 | 7段 | 1段 | 半欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約150m | 約40m | 約24,000㎥ |
| N63 | 19.0 | 上り | 両盛土 | 4段 | 1段 | 半欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約85m | 約24m | 約9,000㎥ |
| N68-1 | 21.0 | 上り | 両盛土 | 4段 | 2段 | 全欠壊 | 平面状 泥流化_小 | 約45m | 約24m | 約23,000㎥ |
| N73-1 | 23.7 | 上り | 両盛土 | 7段 | 3段 | 全欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約100m | 約36m | 約16,000㎥ |

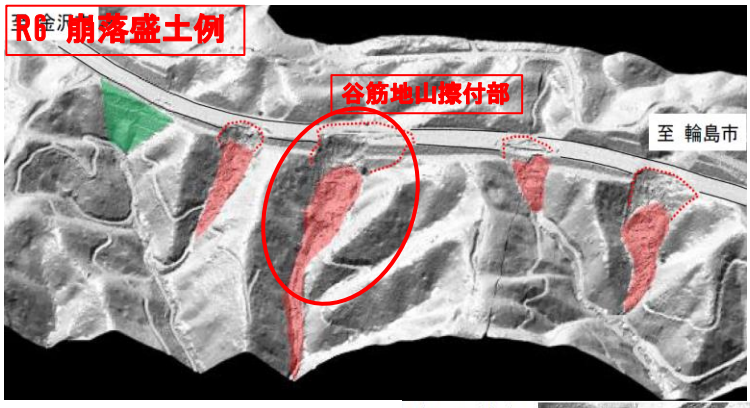
**H19 崩落盛土11箇所**

| No. | kp | 上下 | 盛土概要 盛土形状 | 盛土段数 崩壊側 | 盛土段数 非崩壊側 | 被災概要 被災状況 | 被災形状 | 崩壊延長 | 崩壊高さ | 崩壊土 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 縦-6 | 5.6 | 上り | 片盛土 | 5段 | 0段 | 道路欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約60m | 約30m | 約20,600 |
| 縦-9 | 6.3 | 下り | 片盛土 | 4段 | 1段 | 道路欠壊 | 平面状 泥流化_小 | 約140m | 約25m | 約39,700 |
| 縦-10 | 10.6 | 上り ランプ | 片盛土 | 3段 | 0段 | 道路欠壊 | 平面状 泥流化_中 | 約75m | 約18m | 約10,000 |
| 縦-14 | 11.7 | 上下 | 片盛土 | 3段 | 1段 | 道路欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約30m | 約16m | 約5,600 |
| 縦-21 | 14.7 | 上下 | 片盛土 | 6段 | 0段 | 道路欠壊 | 沢状 泥流化_大 | 約30m | 約36m | 約11,400 |
| 縦-26 | 15.9 | 上り | 片盛土 | 3段 | 0段 | 道路欠壊 クラック | 平面状 泥流化_中 | 約100m | 約18m | 約11,000 |
| 縦-32 | 17.7 | 上下 | 両盛土 | 5段 | 3段 | 道路欠壊 路面陥没 | 沢状 泥流化_大 | 約65m | 約30m | 約29,500 |
| 縦-38 | 21.1 | 上下 | 片盛土 | 5段 | 1段 | 道路欠壊 | 平面状 泥流化_大 | 約90m | 約30m | 約20,400 |
| 縦-39 | 21.5 | 上り | 片盛土 | 4段 | 1段 | 道路欠壊 | 平面状 泥流化_小 | 約85m | 約24m | 約13,000 |
| 縦-41 | 22.2 | 上り | 片盛土 | 5段 | 1段 | 道路欠壊 | 平面状 泥流化_中 | 約100m | 約30m | 約26,500 |
| 縦-43 | 24.1 ～ 24.6 | 上下 | 両盛土 | 5段 | 4段 | 路面 クラック | 平面状 泥流化_大 | 約60m | 約30m | 約8,000 |

ほぼ同じ

## R6能登半島地震とH19能登半島地震の崩落盛土の特徴

**R6 崩落盛土例**



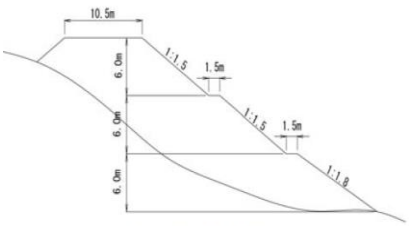
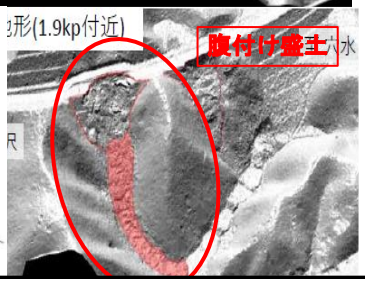
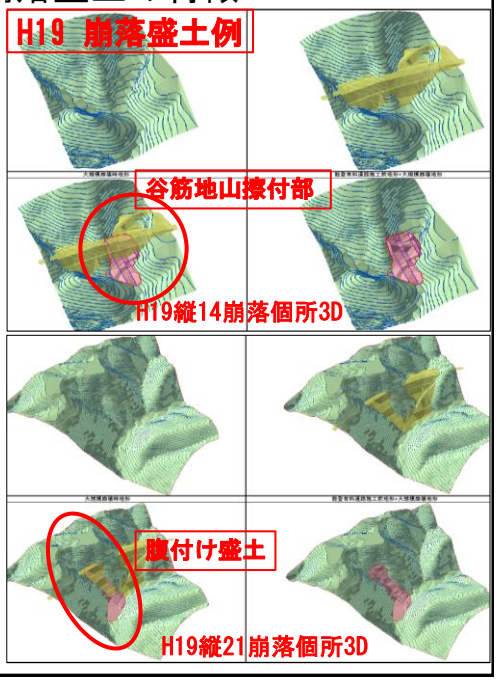



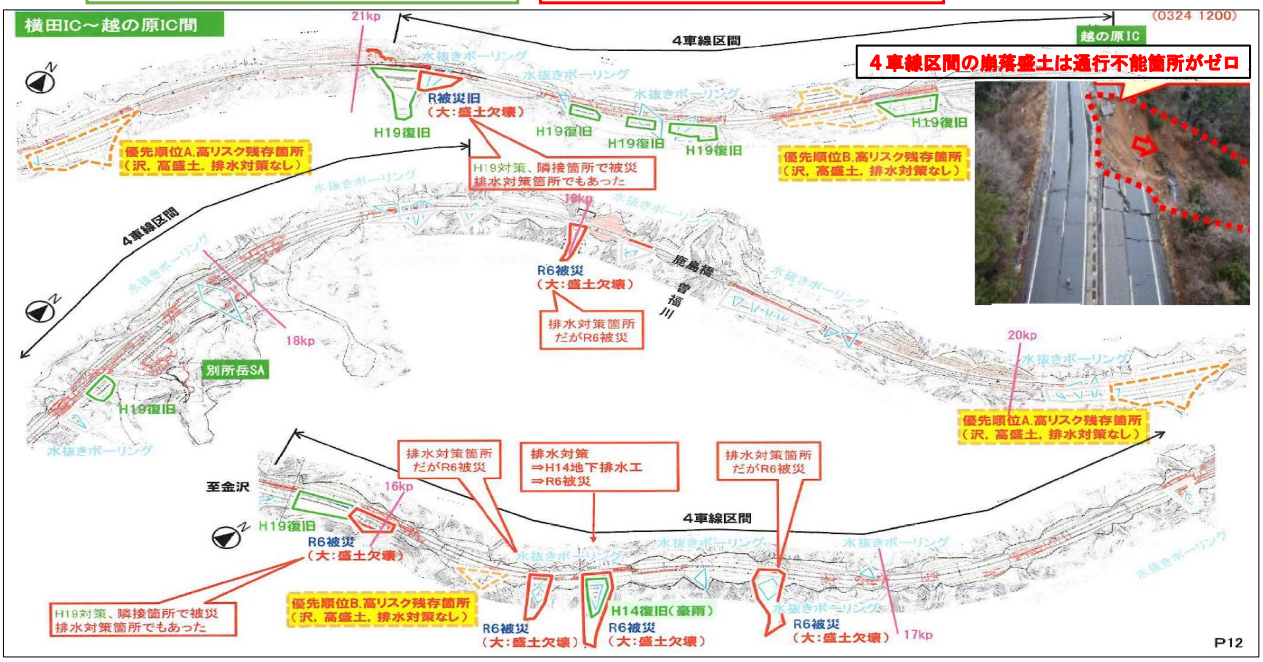

図 2 盛土標準横断図




**H19 崩落盛土例**



## H19能登半島地震崩落盛土部とR6能登半島地震崩落盛土部（一部区間）




## のと里山海道　H19能登半島地震崩落部とR6能登半島地震崩落部

# H19能登半島地震崩落盛土対策工とR6能登半島地震崩落盛土の対策工法

## H19 標準対策工断面

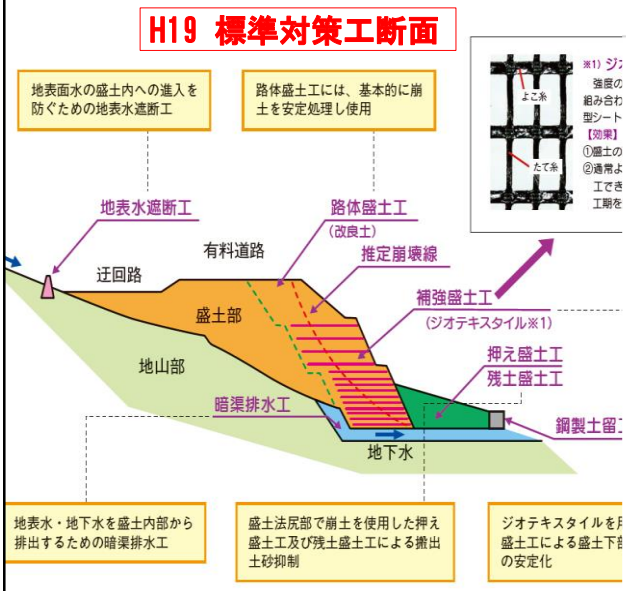



図 6-1-6　復旧工法基本概念図

## R6 標準対策工断面

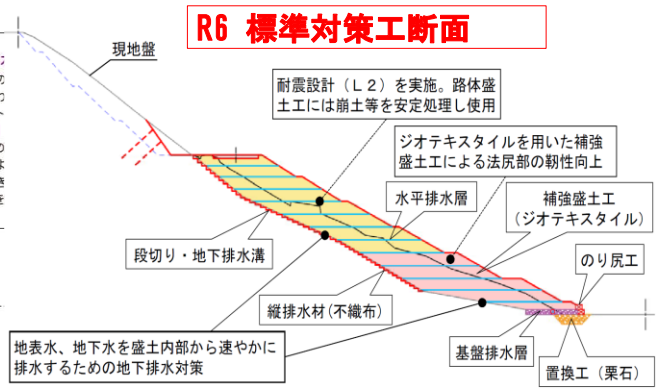
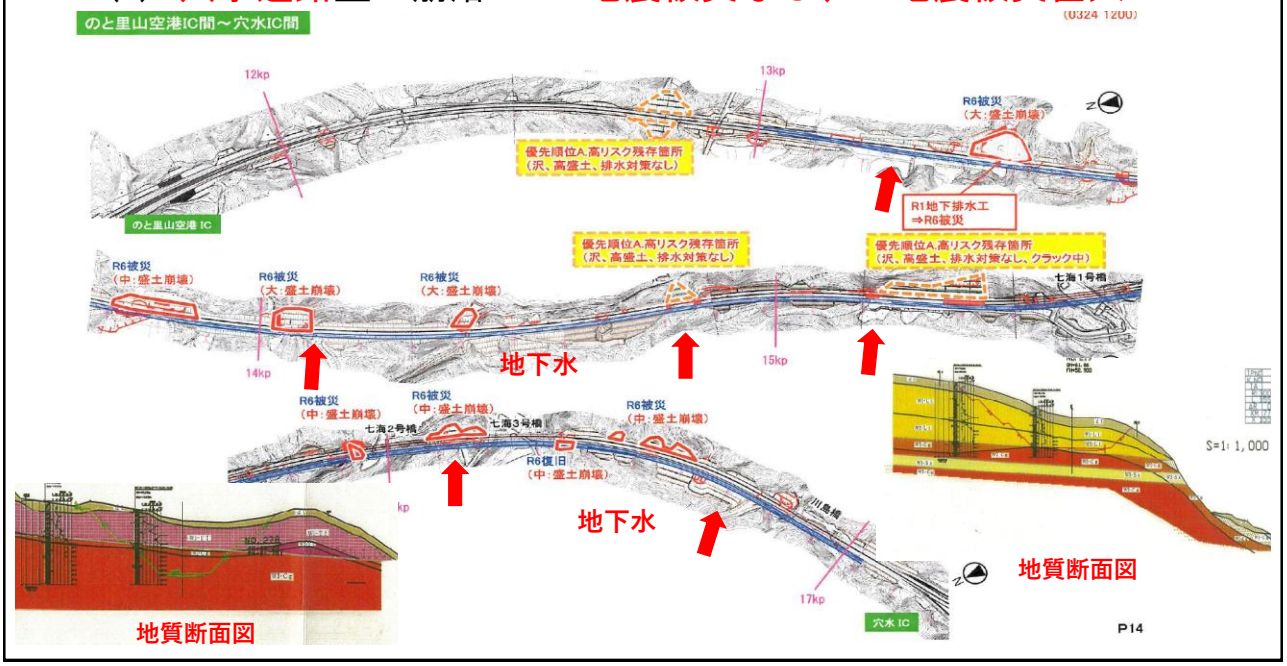



図１．能越自動車道復旧イメージ（標準パターン）

※設計・施工の具体的ポイント
- 盛土補強：良質土・補強材による補強盛土（Ｈ１９地震対策と同様）、改良土による強化（Ｒ６地震被災の少ない輪島道路と同様）
- 排水対策の例：水平排水層、基盤排水層、軟弱地盤では栗石による置換
- 震災対策の考え方：耐震設計（Ｌ２）（Ｒ６地震被災の少ない輪島道路と同様）
- 施工時：平成２５年の土工締固め基準による施工管理（路体８５%→９０%、路床：９０%→９５%）

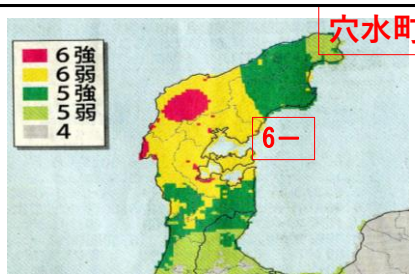
# (2) 穴水道路盛土崩落　H19地震被災なし、R6地震被災甚大



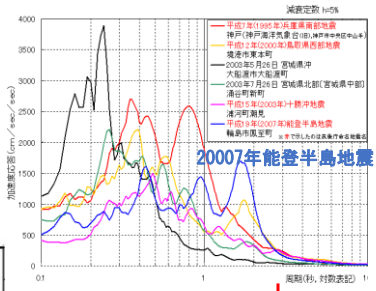
# 能越道（穴水道路）甚大な被災→H19.3.軽微な損傷→今回何故？

穴水道路（麦ケ浦付近）→過去に豪雨による崩壊履歴あり

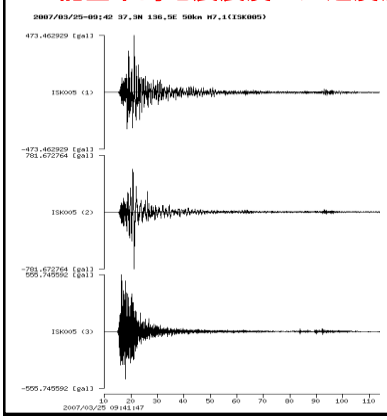
## 穴水町付近の地震特性



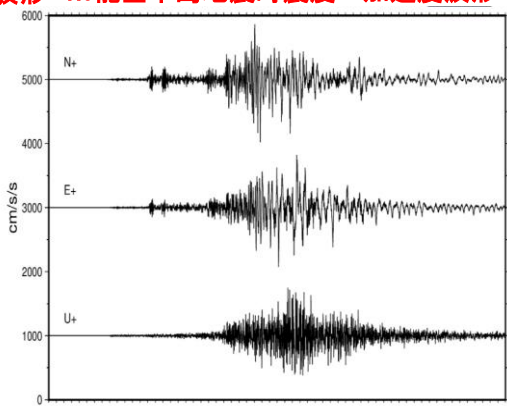
R6,H19能登半島地震
加速度スペクトル

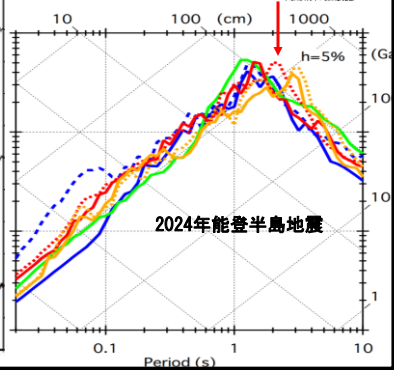



H19能登半島地震震度・加速度波形



R6能登半島地震時震度・加速度波形

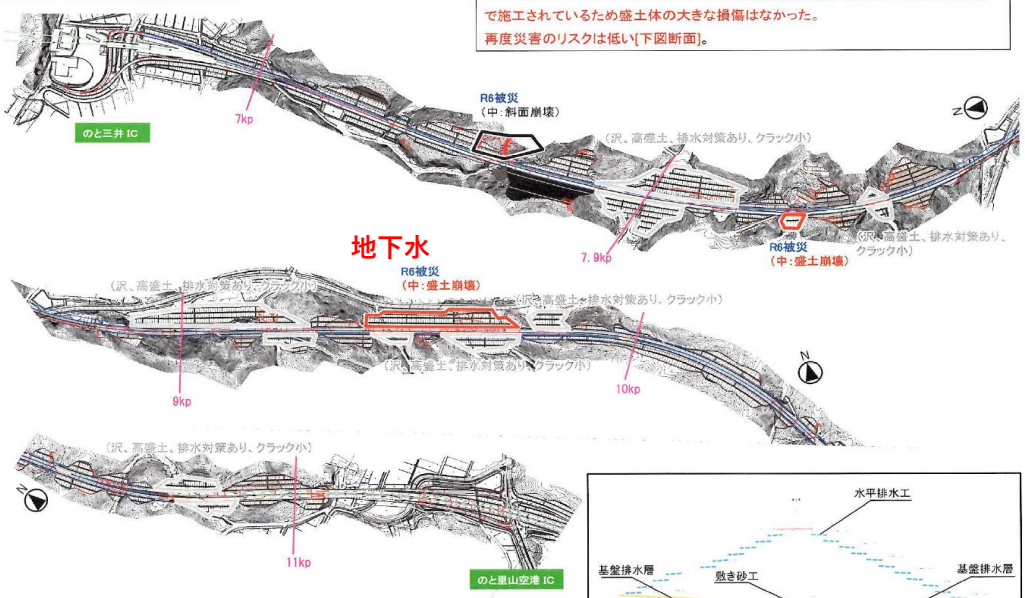


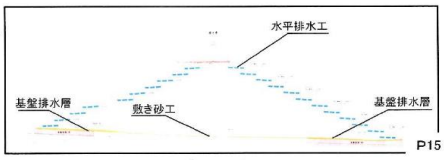



## (3) 輪島道路一期線　R6地震大規模崩落なし

のと三井 IC～のと里山空港IC間

のと三井IC～のと里山空港ICの区間は、全線で排水対策やL2対応(盛土体を改良)で施工されているため盛土体の大きな損傷はなかった。
再度災害のリスクは低い[下図断面]。



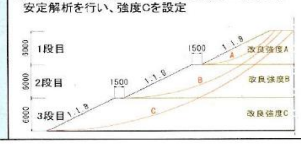
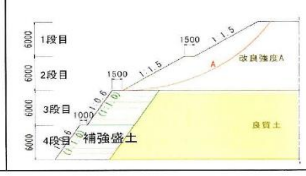
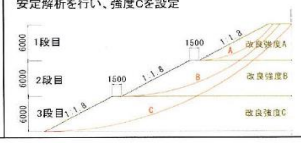

P15

## (4) 能越自動車道の各区間の設計方針（能登半島地震道路復旧検討委員会見解）

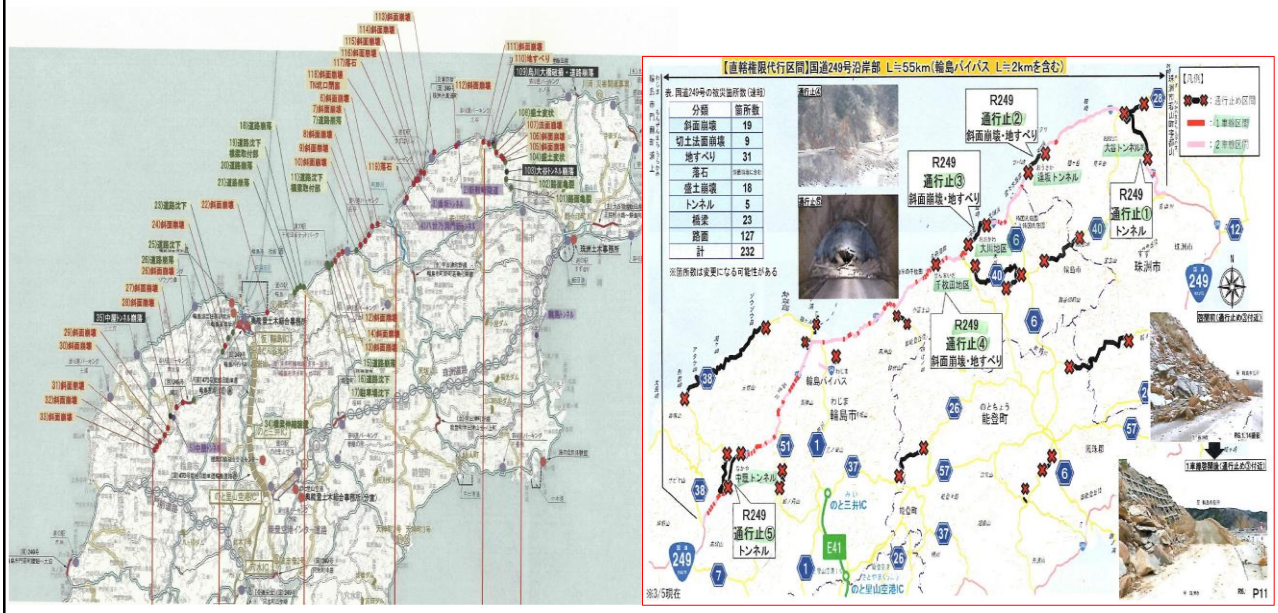
①R6地震で高盛土部が被災した穴水道路は、耐震設計が未実施であった。
②R6地震で軽微な被災であったH19震災復旧箇所および輪島道路では耐震設計(震度法)が実施されていた。
③現行の道路土工に準拠し、耐震設計を実施することが有効と考えられる。
※)H25年以降の工事では、土工締固め管理基準の変更・耐震性能(L2)を有する盛土構造(改良土)である。

| | のと里山海道<br>穴水～徳田大津 | 穴水道路<br>のと里山空港～穴水 | 輪島道路<br>のと三井～のと里山空港 |
|---|---|---|---|
| 供用年 | 昭和55年3月<br>(暫定2車線) | 平成18年6月 | 令和5年9月 |
| R6崩壊箇所数 | 20 | 6 | 1 |
| 1km当たり崩壊箇所数 | 0.7箇所/km | 1.0箇所/km | 0.2箇所/km |

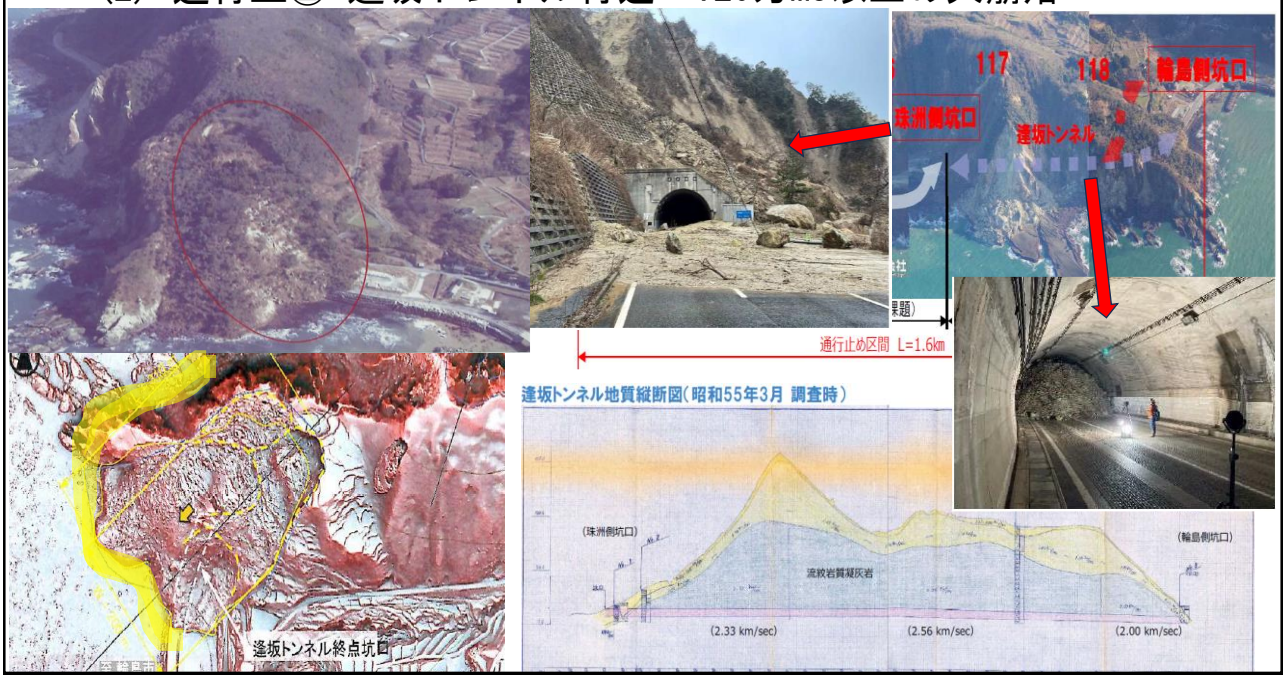
【設計基準強度の設定方法】
①H19復旧設計は、盛土2段形状で安定解析（常時・地震時）を実施し、せん断強度を設定。改良材の設計基準強度はコスト縮減を考慮し、ｃφ材と設定。
②輪島道路は、盛土1段毎に安定解析（常時・地震時）を実施し、せん断強度を設定。改良材の設計基準強度はｃ材と設定。
③穴水道路は、盛土1段毎に安定解析（常時のみ）を実施し、せん断強度を設定。改良材の設計基準強度はｃ材と設定。

| 道路名 | | 穴水道路<br>のと里山空港IC～穴水IC | H19震災復旧<br>のと里山海道 | 輪島道路<br>のと三井IC～のと里山空港IC |
|---|---|---|---|---|
| 改良条件 | 許容安全率 | 常時　Fs≧1.2<br>地震時　--- | 常時　Fs≧1.2<br>地震時　Fs≧1.0 | 常時　Fs≧1.2<br>地震時　Fs≧1.0 |
| | 設計基準強度 | quck=40～230kN/m2<br>【材料　C材】 | C=20kN/m2, φ=20°　※設計必要強度<br>(quck=50～120kN/m2)<br>【材料　Cφ材】 | quck=80～300kN/m2<br>【材料　C材】 |
| | 強度設定法 | 層毎必要強度 | 均一強度 | 層毎必要強度 |
| 断面図 | | ●強度設定法<br>改良強度は常時Fs≧1.2となる最適強度区分を盛土1段毎に設定<br>●設計手順<br>①1段目は安定解析を行い、強度Aを設定<br>②2段目は1段目を強度Aと固定し、安定解析を行い、強度Bを設定<br>③3段目は1段目を強度A、2段目を強度Bと固定し、安定解析を行い、強度Cを設定<br>  | ●強度設定法<br>改良強度は常時Fs≧1.2、地震時(L2)Fs≧1.0となる必要強度を盛土均一に設定<br>●設計手順<br>①1～2段形状で安定解析を行い、強度Aを設定<br>  | ●強度設定法<br>改良強度は常時Fs≧1.2、地震時(L2)Fs≧1.0となる最適強度区分を盛土1段毎に設定<br>●設計手順<br>①1段目は安定解析を行い、強度Aを設定<br>②2段目は1段目を強度Aと固定し、安定解析を行い、強度Bを設定<br>③3段目は1段目を強度A、2段目を強度Bと固定し、安定解析を行い、強度Cを設定<br>  |

## 3.2 国道249号外浦（直轄権限代行区間）の被災状況

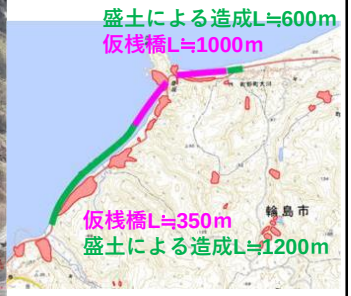



## (2) 通行止② 逢坂トンネル付近　120万m3以上の大崩落

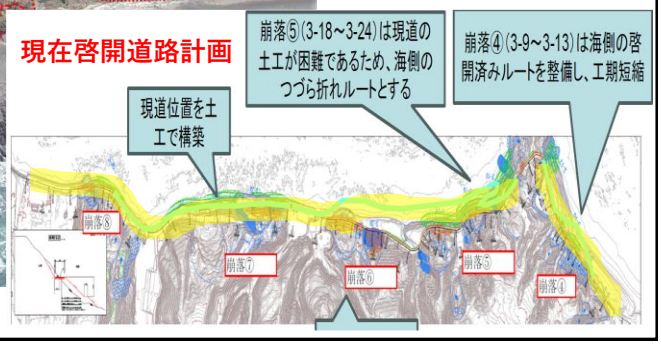


## (3) 通行止③ 大川地区 道路崩落、陥没→啓開道路計画

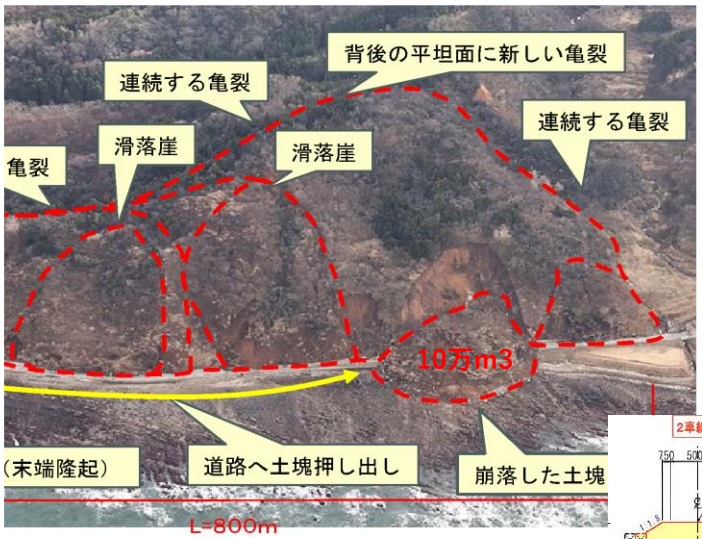
当初啓開計画？

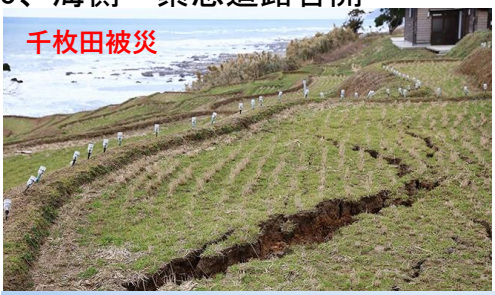


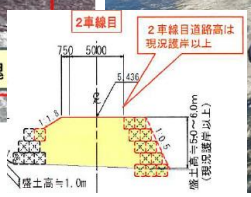

現在啓開道路計画




## (4) 通行止④ 千枚田地区道路崩落10万m3、海側へ緊急道路啓開

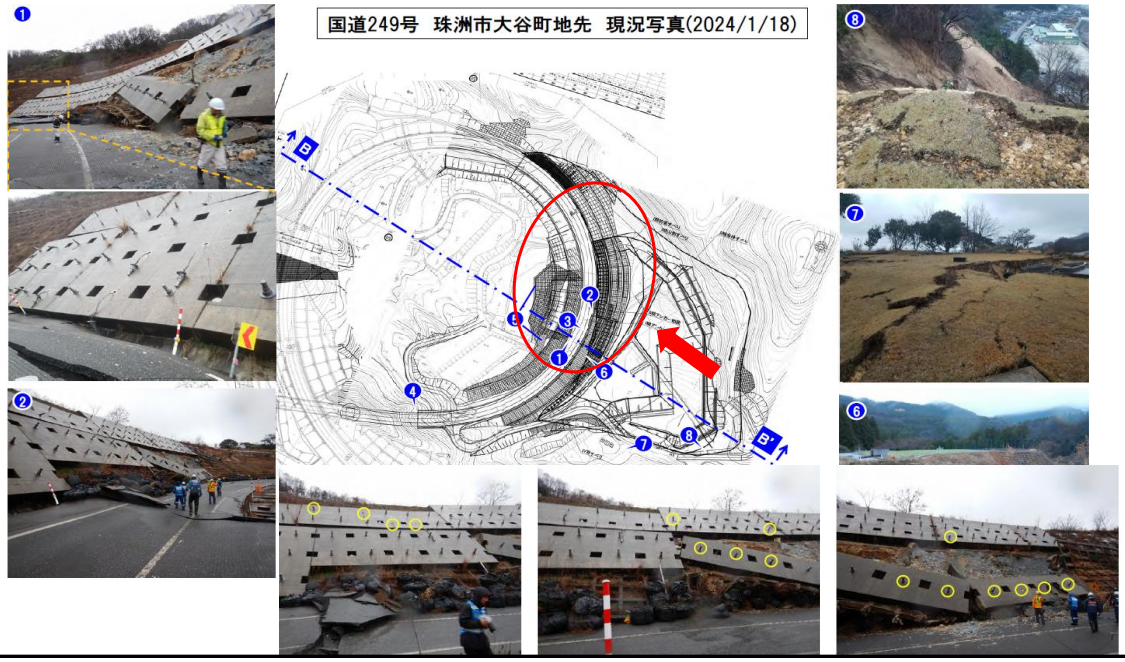




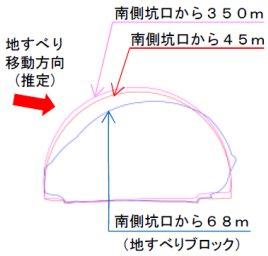
## (5) 通行止① 大谷トンネルからループ道路→烏山大橋→国道259号

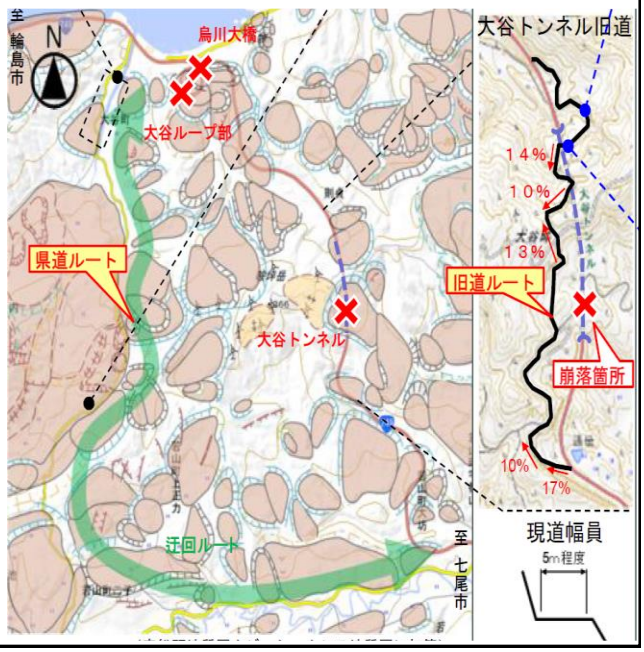
## 通行止① 大谷ループ道路→アンカーほとんど全滅



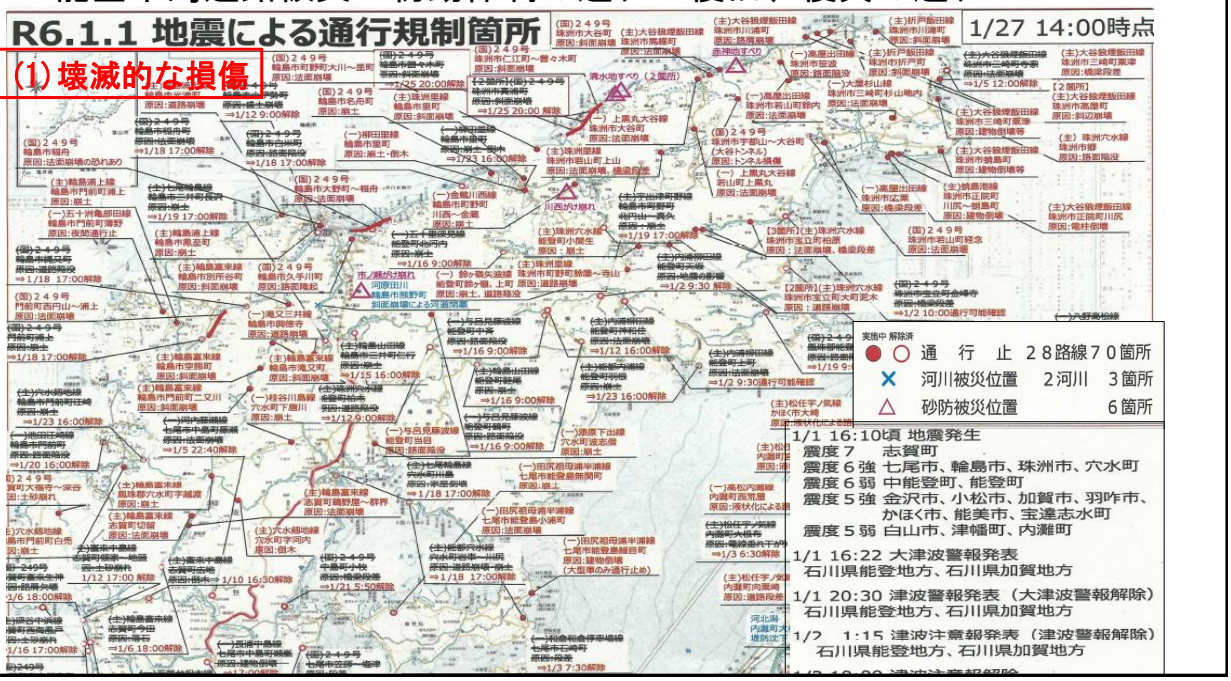
## 通行止① 大谷トンネル損傷→大谷ルート啓開は迂回路で対応

トンネルの断面の変状状況

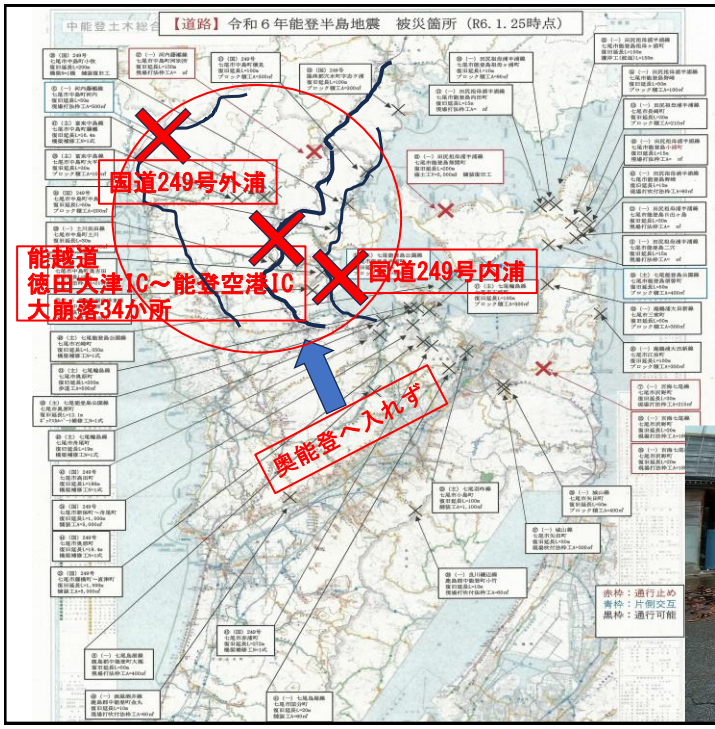



## 4 能登半島道路被災→初動体制の遅れ→復旧、復興の遅れ



## (2) 能登半島口地域の主要道路全滅



## (3) 道路啓開→くしの歯作戦困難→くしの胴道路の損傷

2011.3.11東日本大震災（東北地整）
くしの歯作戦成功：くしの胴道路に大きな損傷なし

## (4) 能登半島道路ネットワーク最優先整備区間の大損壊

**能登半島道路緊急輸送道路ネットワークとH19地震の震度分布**

## H19年地震の道路構造物被災実績とネットワーク理論

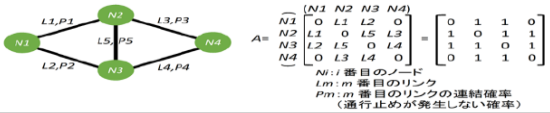
表２　能登半島地震における道路構造物の震度別不通率

| 構造物種別 | 橋　梁 | | トンネル・シェッド | 斜　面・切　土 | 盛　土 |
|---|---|---|---|---|---|
| 示方書年 | 1996以前 | 1997以降 | | | |
| 震度５弱 | 0/39 (0.00) | 0/3 (0.00) | 0/1 (0.00) | 0/34.6 (0.0000) | 2/35.4 (0.0565) |
| 震度５強 | 0/199 (0.00) | 0/26 (0.00) | 0/12 (0.00) | 2/161.2 (0.0124) | 12/169.7 (0.0707) |
| 震度６弱 | 2/379 (0.0053) | 0/58 (0.00) | 0/35 (0.00) | 39/311.9 (0.125) | 41/336.3 (0.122) |
| 震度６強 | 5/519 (0.0096) | 0/66 (0.00) | 0/42 (0.00) | 54/404.9 (0.133) | 57/448.4 (0.127) |

※1　上段：橋梁・トンネル　被災箇所数／施設箇所数、斜面切土・盛土　被災箇所数／施設延長(km)
※2　下段：(不通率)

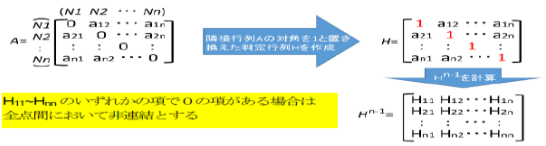
①隣接行列の作成

隣接行列Ａは、各ノードの接続状態を示す行列であり、ノードが連結している場合を１、非連結の場合を０と表記する（下記参照）。




②各リンクの連結・非連結の組み合わせパターンにおける連結・非連結の判定

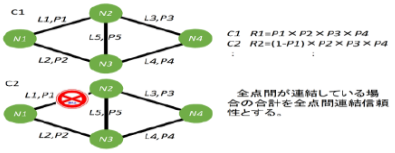
各リンクの連結・非連結の組み合わせにおいて、隣接行列Ａの対角を１と置き換えた判定行列Ｈを作成し、$H^{n-1}$ において０の項がある場合、全点間は「非連結」と判定する[20]。




$H_{11}$~$H_{nn}$ のいずれかの項で０の項がある場合は全点間において非連結とする

③全点間連結信頼度の算定

全点間が連結と判定された組み合わせパターンの発生確率を合計する。



## H19道路ネットワーク維持に必要となる耐震化整備箇所の優先度箇所と R6.1.1能登半島地震による大規模被災箇所

評価関数＝ネットワーク連結信頼度R
「1位－５００位」の位置を表示

H19年地震被災実績に基づく整備優先度箇所
（ネットワーク理論による）

R6年地震大規模被災箇所

## 5. 能登半島道路（本復旧道路）のあり方
## →能登半島のグランドデザインが不可欠！

**2010 年　高令化率(1804 市区町村内順位)**
- 珠洲市　40.4%(1726 位)
- 輪島市　37.2%(1634 位)
- 能登町　39.2%(1703 位)
- 穴水町　38.6%(1687 位)
- 金沢市　21.4%(326 位)、野々市町　15.2%(17 位)
- 全国平均　23.1%

都道府県別
- 石川県　23.8%(17 位)
- 東京都　21.1%(6 位)、秋田県　29.3%(47 位)

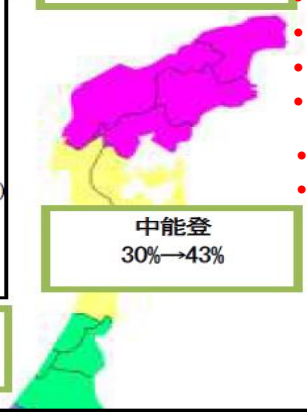
**2035 年　高齢化率**
- 珠洲市　51.5%(1716 位)
- 輪島市　45.1%(1451 位)
- 能登町　52.6%(1733 位)
- 穴水町　50.5%(1686 位)
- 金沢市　32.9%(384 位)、野々市町　25.1%(19 位)
- 全国平均　31.8%

都道府県別
- 石川県　34.5%(21 位)
- 東京都　30.7%(4 位)、秋田県　41.0%(47 位)

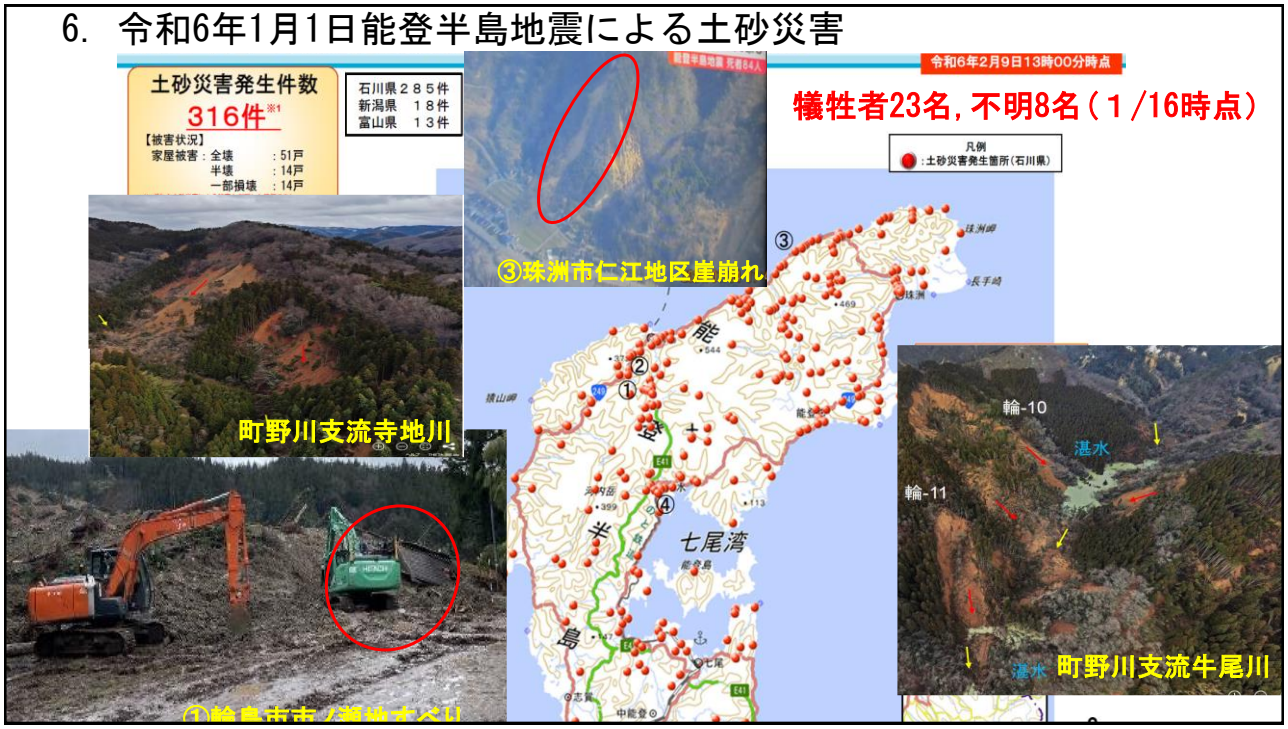
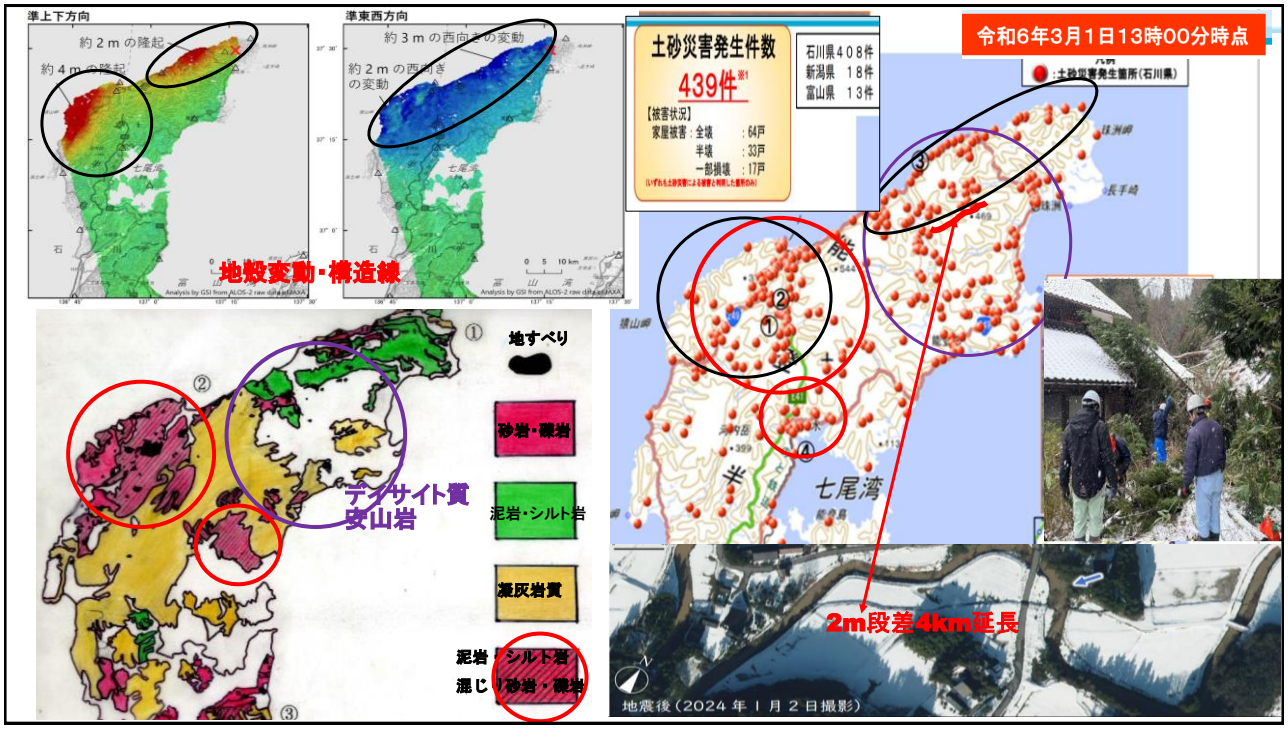
奥能登
38%→49%

中能登
30%→43%

金　沢
21%→32%



・伝統と文化が息づく
→輪島塗、珠洲焼、祭り、あえのこと、平家文化・・

- 一次産業従事者7%（全国平均4%程度）
- 世界農業遺産
- 二次産業従事率31%(全国平均25程度%)
- 観光入込客延べ900万人、
- 宿泊客185万人

# 6. 令和6年1月1日能登半島地震による土砂災害