

令和6年能登半島地震 道路構造物の被災に対する専門調査結果(中間報告)

国道・技術課 技術企画G
国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部
土木研究所
橋梁構造研究G(橋梁)
地質・地盤研究G(土工)
道路技術研究G(トンネル、舗装)

- 実施日 令和6年1月2日～
28日間(2月21日までの調査実施日)
- 実施回数 28回
- 実施人数 延べ151人
- 調査対象 道路構造物の被災実態調査

道路橋の被災調査結果の概要

- 耐震設計基準が大きく変わった**兵庫県南部地震以後に設計された橋の本体は概ね軽微な被害**にとどまっており、期待した性能が発揮されている。
- 橋脚の補強や落橋防止対策など**耐震補強を行っていた道路橋は致命的な被害を回避**し、復旧の迅速化に寄与している。
- 一方で、古い基準で設計された道路橋の中には落橋には至ってはいないものの深刻な被害も見られ、**未対策橋梁の対策を急ぐ必要**がある。

① 新しい基準の橋の損傷例

穴水道路 穴水高架橋(H14道示)



輪島道路
のと里山空港IC橋
(H24道示)



サイドブロックの損傷

ゴム支承の残留変形



R249鳥川大橋 (H14道示)

橋脚基部の損傷



② 耐震補強が復旧に寄与した例



上町高架橋



(RC巻き立て)



(桁の変位を拘束した
変位制限ブロック)



(鋼板巻き立て)
能登大橋

③ 未対策橋梁の深刻な被害の例



鵜飼大橋
(土研現地調査結果より)



大町大橋
(石川県緊急点検結果より)

道路橋の被災調査結果の概要

- 橋台背面について、小規模な段差は多数発生しているが、速やかに緊急復旧できている
- 平成8年道路橋示方書で踏掛版を設置することが望ましいとし、平成24年道路橋示方書で橋台背面アプローチ部の構造を規定しており、その効果が現れている
- 一方で、液状化により1.5m地盤が沈下した橋梁もある

① すりつけを行い速やかに緊急復旧した事例



② 踏掛版が効果を発揮した事例



③ 液状化により大きな段差が生じた事例

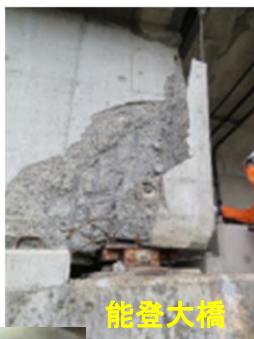


道路橋の今後の技術施策課題

- 被災原因を分析し、以下の観点から、迅速な復旧を実現するための技術基準の改定や修繕の技術基準策定の検討に反映
- ・落橋防止構造のように、**具体の外力が想定できないような事象に対しても有効性が期待できる設計項目・内容の充実**を図る。(土工箇所等の橋梁以外の構造物との一体的な検討も必要)
 - ・所要の安全率を確保するだけでなく、**復旧の仕方まで考えた「壊し方」にするための設計項目・内容の充実**を図る。(実験などの実施が必要)
 - ・**迅速かつ的確な診断を可能であることを照査**する方法を構築する。(橋の構造に応じた検査路の設置、診断に活用する構造物へのアクセス性の改善、BIM/CIMの活用など)

① 有効性が期待できる強靱化

- 支点部が損傷しても、仮支点が設置できるスペースがあることで、迅速な応急復旧が可能になった



耐震補強により段差防止と縁端拡幅がされていた



② 緊急利用・応急復旧を考慮した「壊し方」の制御

- 支点部でPC桁が損傷すると、プレストレスの状態の把握が困難であり、復旧の支障となる



- 土工部の信頼性の評価が困難なことで、橋の挙動の制御が困難（本復旧に向けて土中部の掘削調査が必要な場合も生じた）



③ 迅速かつ的確な診断を可能にする維持管理性の具備

- 橋面位置で変位が出ないまま、支点が不安定になっている可能性があり、点検が必要であった。
- 支承周りは狭隘部も多く、検査路が有効であった。



道路土工の被災調査結果の概要

○国道249号沿岸部（ヘリ調査、現地調査）

- ・**斜面崩壊、地すべり等**により道路の交通機能が途絶した区間が多数発生した。
- ・崩土の**背後斜面が不安定化している恐れ**があること、復旧にあたり**土砂撤去する場合には崩土自体が不安定化する恐れ**があり、地形や地質など詳細な調査を行った上で対応を検討する必要がある。
- ・大谷地区**ループ部切土のり面**（烏川大橋取り付け部）で地すべりが発生した。

○能越自動車道（のと里山海道（徳田大津IC以北）、輪島道路、穴水道路区間）（ヘリ調査、現地調査）

- ・**沢埋め高盛土を中心に多くの盛土の被災**が確認された。
- ・のと里山海道においては、**平成19年**の能登半島地震で大規模崩壊してその後**排水対策等を施した本復旧箇所においては、多くの箇所において被災が軽微**にとどまっていた。また、4車線を有する区間では、交通機能が喪失するような崩壊はなかった。
- ・**盛土の締固め基準等が引き上げられた平成25年**以降に供用された輪島道路（令和5年供用）は崩壊に至るような盛土の被災がないなど、それ以前に供用された穴水道路（平成18年供用）に比べて被災が軽微であった。

4車線／2車線区間の崩壊事例



■徳田大津IC～のと三井IC 被災盛土数 ()内は、全数に対する割合(%)

道路名	延長(km)	供用年月	盛土全数	R6地震被災盛土 ※同一盛土内で複数被災を計上				計
				段差種小路面クラック	沈下・段差1m未満	沈下・段差1m以上	大規模崩壊	
輪島道路(のと三井IC～のと里山空港IC)	4.7	R5.9(2023年)	26	13(50%)	7(27%)	0(0%)	0(0%)	20(77%)
穴水道路(のと里山空港IC～穴水IC)	6.2	H18.6(2006年)	31	3(10%)	13(42%)	6(19%)	7(23%)	29(94%)
のと里山海道(穴水IC～徳田大津IC)	26.7	S57(1982年)	96	25(26%)	26(27%)	15(16%)	21(22%)	87(91%)
計	34.6	—	155	41(26%)	46(30%)	21(14%)	28(18%)	136(88%)

■特定道路土工構造物となっている高盛土(H10m以上)を母数として比較 ()内は、全数に対する割合(%)

道路名	特定道路土工構造物件数(盛土)		R6地震被災盛土 ※同一盛土内で複数被災を計上				計
	全数	未被災	段差種小路面クラック	沈下・段差1m未満	沈下・段差1m以上	大規模崩壊	
輪島道路(のと三井IC～のと里山空港IC)	20	5(25%)	9(45%)	6(30%)	0(0%)	0(0%)	15(75%)
穴水道路(のと里山空港IC～穴水IC)	20	1(5%)	3(15%)	8(40%)	4(20%)	4(20%)	19(95%)
のと里山海道(穴水IC～徳田大津IC)	85	8(9%)	19(22%)	23(27%)	14(16%)	21(25%)	77(91%)
計	125	14(3%)	31(25%)	37(30%)	18(14%)	25(20%)	111(89%)

【注】特定道路土工構造物は全国道路施設点検データベースに登録されたデータより抽出
のと里山海道は、高さ10m以上の盛土を特定土工構造物として計上

- (参考)のと里山海道(徳田大津IC～穴水IC区間)
- ✓ 4車線区間(約 6km)—盛土崩壊 5件、うち**交通機能全喪失0件**
 - ✓ 2車線区間(約21km)—盛土崩壊 16件、うち**交通機能全喪失9件**

道路土工(能越道)の被災調査結果の概要

○能越道(のと里山海道(徳田大津IC以北)、輪島道路、穴水道路区間) (現地調査)
 ・**H19年能登半島地震で被災し、復旧した箇所は、R6年地震では軽微な被災にとどまっている**



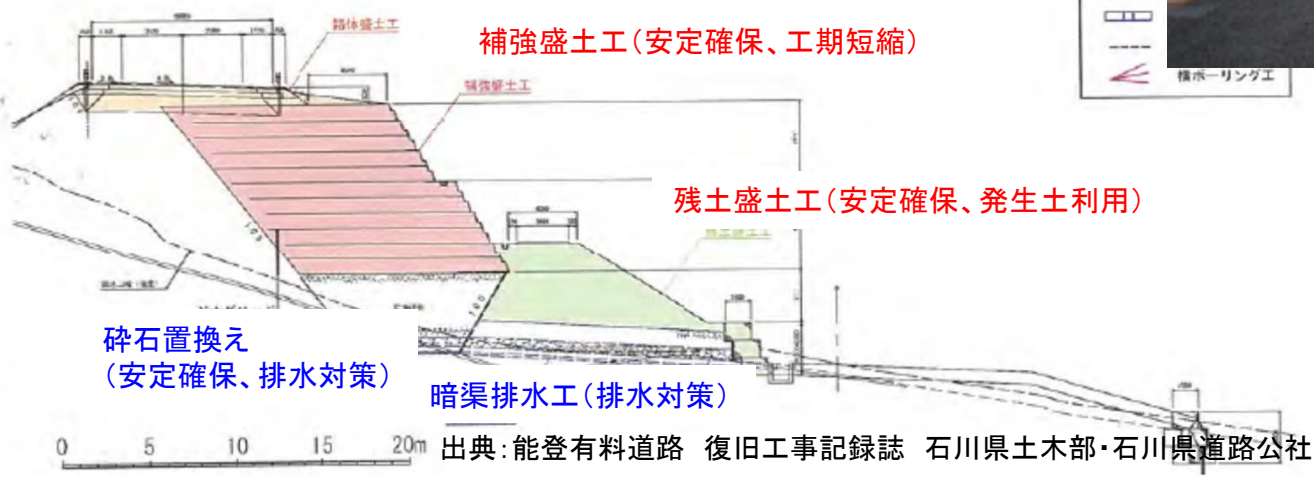
上下線の崩落 (H19.3月)



盛土高約15mの谷埋め盛土でクラック程度の被災
 H19大規模崩壊箇所(縦14)で基礎地盤砕石置換え、補強盛土、抑え盛土により復旧された箇所

本復旧工事 標準断面図

出典:能登有料道路 復旧工事記録誌
 石川県土木部・石川県道路公社

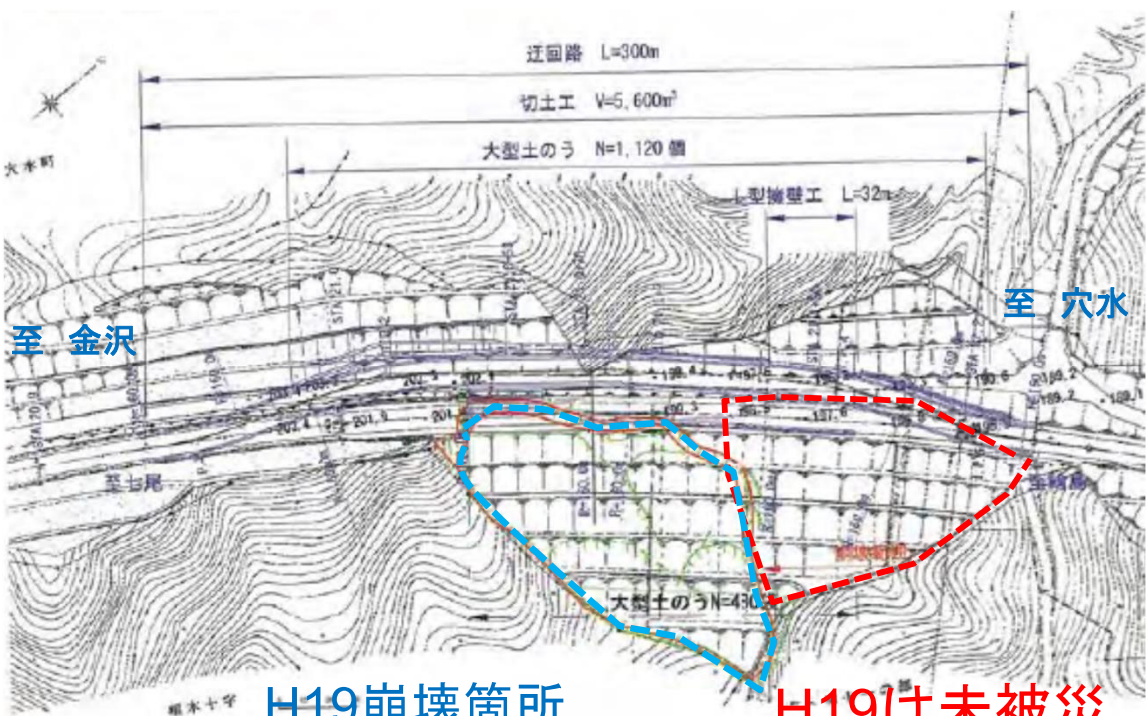


出典:能登有料道路 復旧工事記録誌 石川県土木部・石川県道路公社

道路土工(能越道)の被災調査結果の概要

○のと里山海道(徳田大津IC以北)、輪島道路、穴水道路区間(現地調査)

- ・H19年地震で被災し復旧した場所に隣接し(同じリスク要因を有する)、H19年未被災だった部分が、R6地震では重度の被災(大きく沈下)



H19崩壊箇所
(当時、十分な対策を講じて復旧)
→R6は軽微な被災

H19は未被災(未対策)
→R6は**重度の被災**



R6崩壊箇所
当時、未被災で、未対策

R6被災状況:
大規模沈下(重度の被災)

R6被災状況:
盛土高約30mの谷埋め盛土でクラック・沈下(軽微な被災)

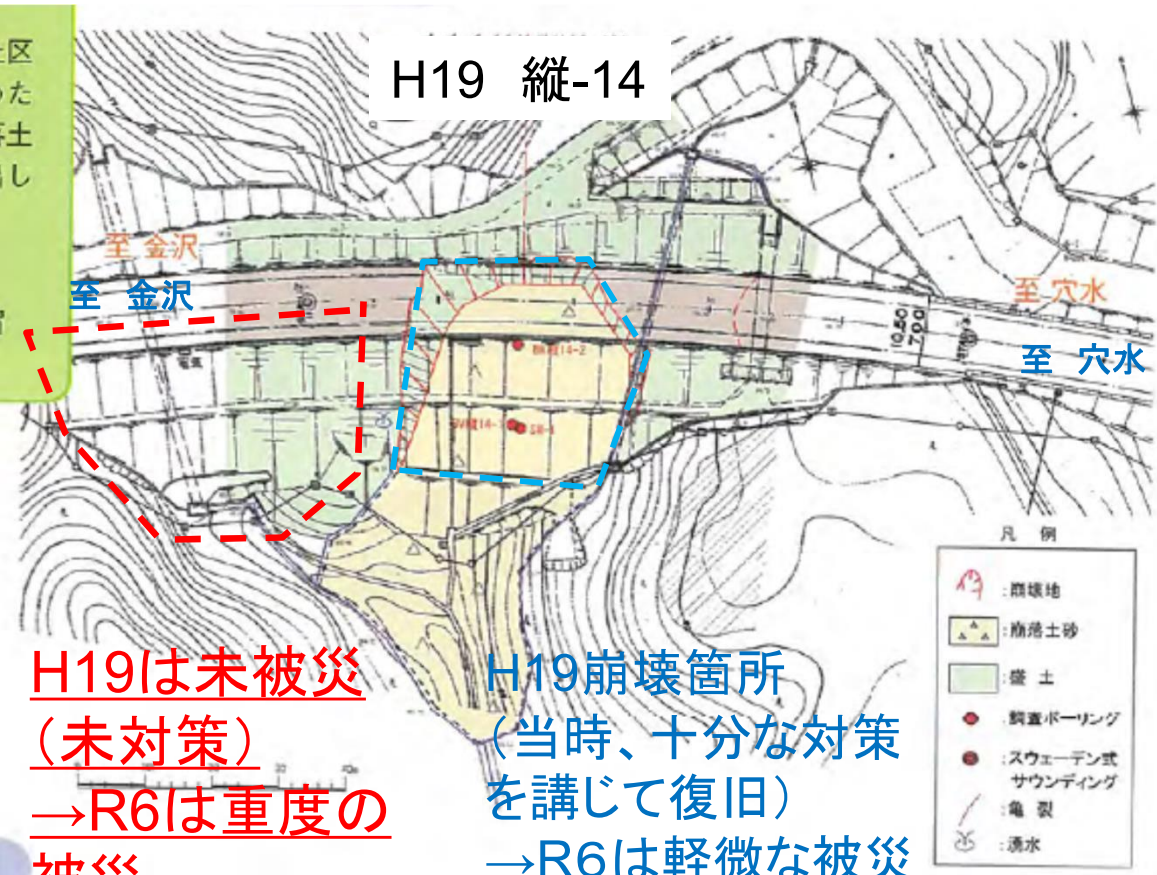
H19大規模崩壊箇所(縦38)
当時、基礎地盤碎石置換え、補強盛土、抑え盛土により復旧

出典:能登有料道路 復旧工事記録誌 石川県土木部・石川県道路公社

道路土工(能越道)の被災調査結果の概要

○のと里山海道(徳田大津IC以北)、輪島道路、穴水道路区間(現地調査)

- ・H19年地震で被災し復旧した場所に隣接し(同じリスク要因を有する)、
H19年未被災だった部分が、R6地震では重度の被災(大規模崩壊)



**H19は未被災
(未対策)
→R6は重度の
被災**

**H19崩壊箇所
(当時、十分な対策
を講じて復旧)
→R6は軽微な被災**

H19大規模崩壊箇所(縦14)で基礎地盤碎石置換え、補強盛土、抑え盛土により復旧された箇所

R6被災状況:
路面クラック(軽微な被災)



R6被災状況:
盛土高約15mの谷埋め盛土
で大規模崩壊(重度の被災)

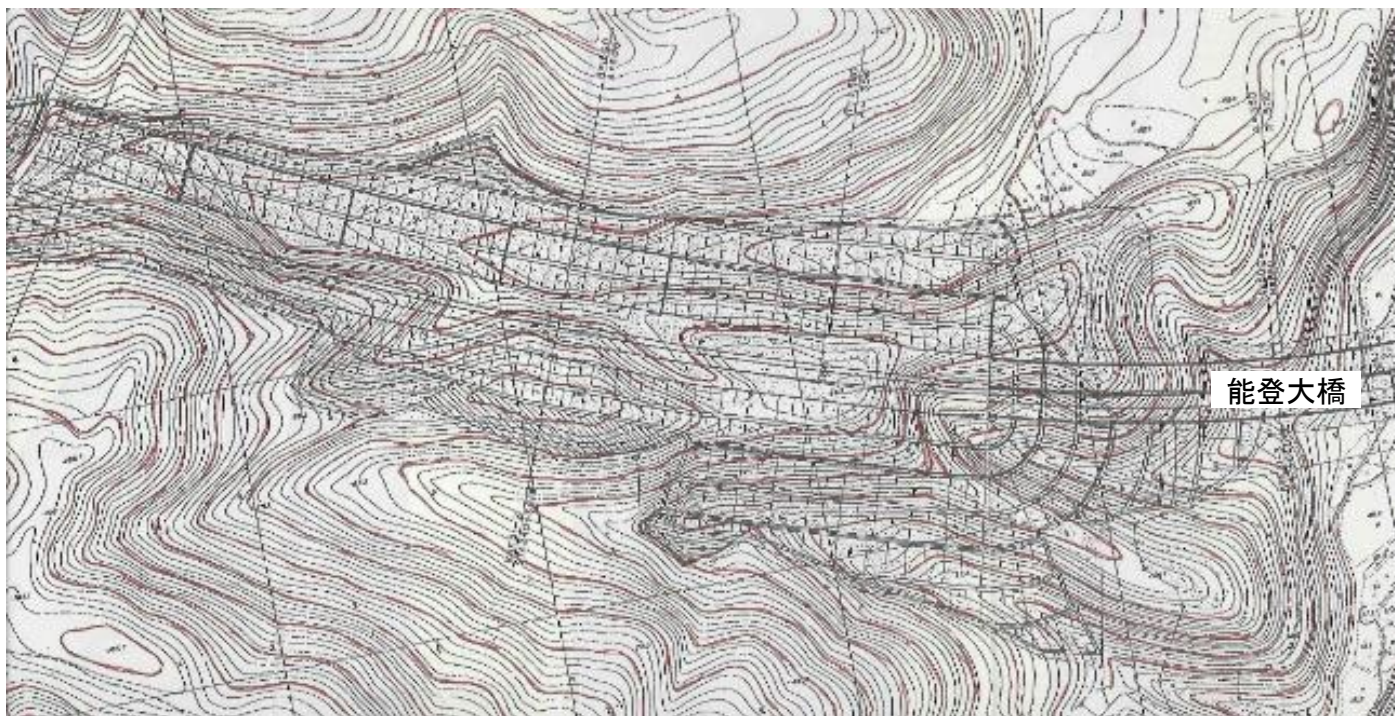
R6大規模崩壊箇所
当時、未被災で、未対策

出典: 能登有料道路 復旧工事記録誌 石川県土木部・石川県道路公社

道路土工(能越道)の被災調査結果の概要

〇のと里山海道(徳田大津IC以北)、輪島道路、穴水道路区間(現地調査)

- ・能登大橋橋台部は、複数の沢が存在する等**複雑な集水地形上に構築した盛土**が、H19年地震で被災。
- ・R6年地震では、**再度被災**。H19年地震で崩壊したのり面と反対側の下り線のり面も崩壊した。
- ・H19年地震の際、**う回路**がなかったことから早期に応急復旧を行って交通開放していた。



橋台背面盛土部に複数の沢が存在

出典:石川県道路公社提供資料



出典:能登有料道路 復旧工事記録誌
石川県土木部・石川県道路公社

①被災時状況(平成19年3月撮影)

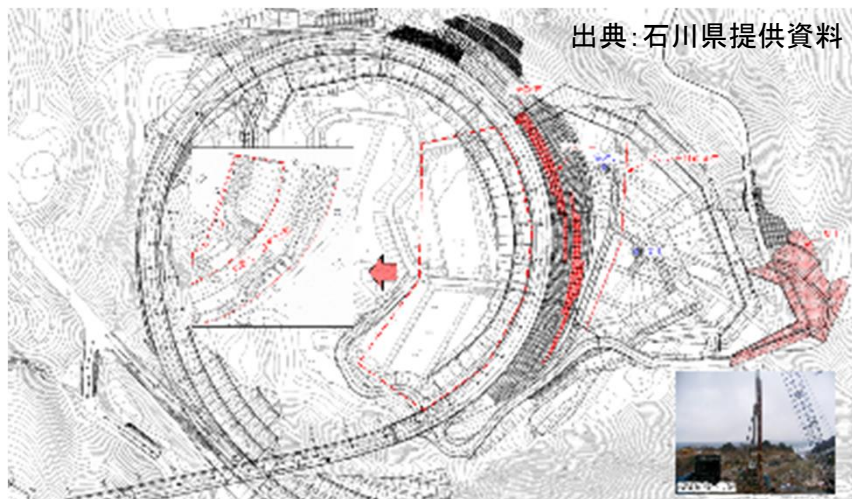


抑え盛土、改良土で構築した路体盛土、矢板支持力確保のための地盤改良部をふくめて崩壊
応急復旧で設置した矢板が傾斜
崩壊部からは流水を確認

R6被災状況

道路土工(R249沿岸部)の被災調査結果の概要

- 一般国道249号、珠洲市大谷地区(烏川大橋取り付け部のループ部切土のり面、2014年供用)(現地調査)
 - ・当該箇所は地すべり地形で、施工中に不測の地すべりが発生して対策を追加し、さらに監視も実施していた特殊な条件にあたる箇所。
 - ・R6年地震では、地すべりにより滑動。路面やグラウンドアンカー等が破損。
 - ・本格対策には、地すべり、地形や地質など詳細な調査を行った上で、当初の地すべり対策を含めて全体的な見直しを検討する必要がある。



今回被災前の地すべり対策



R6被災状況: グラウンドアンカー施工のり面の被災



R6被災状況: 地すべりによる段差亀裂



R6被災状況: グラウンドアンカーの破損(飛び出し)

道路トンネルの被災調査結果の概要

- 地山の大規模な変形によって確保していたトンネルの内空に変形が生じ、これに伴って覆工コンクリートの崩落が発生し、道路交通機能が途絶するとともに道路啓開(緊急復旧)の活動も困難となった。
- 大谷トンネルは、地すべり地帯に位置し、施工当時から対策を行っていたところであり、地震による地山の大規模な変形の影響が考えられる。
- 中屋トンネルは、地質の変化が大きい区間や地山が膨張性を示す区間があり、施工当時から対策を行っていたところであり、地震による地山の大規模な変形の影響が考えられる。
- 今後、現場の地山の変形状況、地形、地質を調査し、被災メカニズムの分析を踏まえたうえで、復旧について検討することが必要。

令和6年能登半島地震での道路トンネル被災



大谷トンネル(国道249号)



中屋トンネル(国道249号)



H19震災復旧において講じた路線計画の見直しが効果を発揮

- H19能登半島沖地震で被災した旧八世乃洞門の復旧では、不安定な岩塊が広い範囲に存在していたことから、路線計画から見直し、その付け替えとして新しいトンネル(八世乃洞門新トンネル)を建設(H21.11開通)
- 八世乃洞門新トンネルは、今回の地震において坑口付近で落石や崩土は生じたものの、トンネル自体には大きな損傷なし



新トンネル 海岸沿いの旧道



【参考】平成19年能登半島沖地震での被災(国総研・土研資料より)

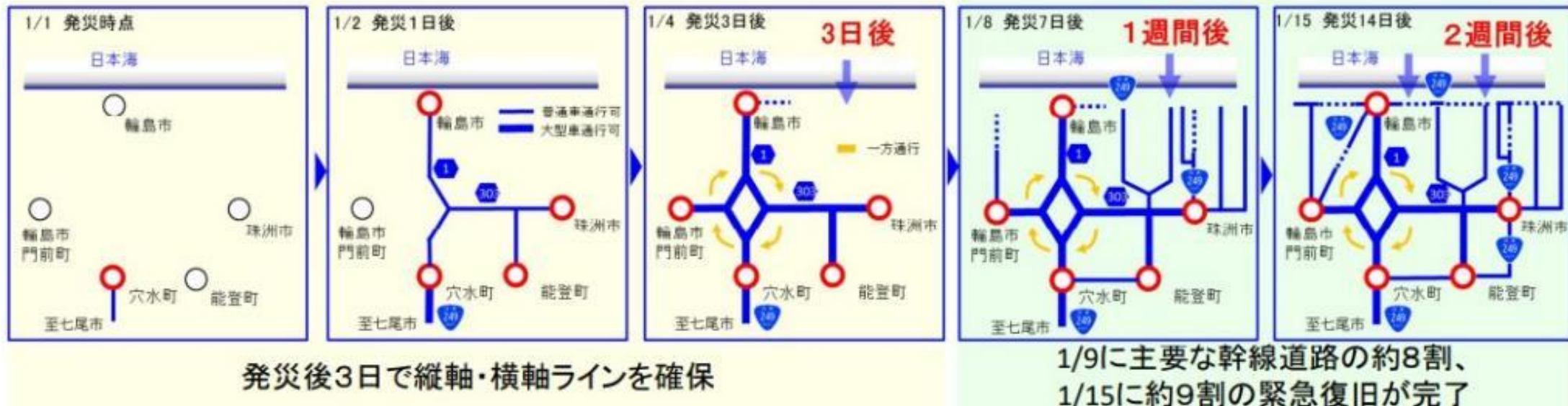


写真-7.3.25 被災箇所の被災前全景(復旧後調査資料より)



緊急復旧計画や防災拠点計画への道路リスク評価の活用

○道路の緊急復旧の経緯(国土交通省web)



○路線毎の相対的なリスクを比較するため、簡易なリスク評価を行い、啓開までに要した時間とその要因(構造物の被災状況)との関係を整理中

- 早期復旧に貢献する構造上の工夫などの提案
- リスク評価を活用することにより、相対的にリスクが高い路線、孤立化が生じる可能性の高い地域が浮かび上がり、道路網計画や防災計画(孤立した際の拠点設定の計画など)の参考情報として活用

道路構造物の被災に対する中間総括

- 今回の被災状況を踏まえ、まずは各道路構造物の基準関連の妥当性の確認が必要である一方、R249沿岸部の大規模な斜面崩落や地すべり、地山の変位が推測されるトンネル覆工コンクリートの崩落など、構造物のみで被害を防ぐことが困難な箇所も見受けられる。

そのため、路線設計の段階において安全で信頼性の高い道路計画となるように配慮すること、道路の機能に及ぼす影響を軽減化させる対策、道路リスク評価の情報も活用しながら道路ネットワークとしての強靱化を図るなど、ハード・ソフトの両面から対策の検討が必要と考える。

- また、道路ネットワークにおける路線の位置づけなどを踏まえ、道路が地震で被災した後の機能回復の容易さ(レジリエンス)の観点も含め、道路に求められる様々な性能を発揮するための道路構造物の技術基準の性能規定化も方策の一つとして検討が必要と考える。

- ・ 橋梁については、兵庫県南部地震以降の技術基準の改定や耐震補強施策の推進の効果が見られた。
一方で、耐震対策が未実施の古い橋には大きな被害が生じた橋もあることから、耐震補強対策のより一層の推進の検討が必要と考える。
- ・ 土工については、通行機能が途絶が生じた要因、道路啓開(緊急復旧)が困難となった要因を洗い出し、そのリスクを軽減するための対策の検討が必要と考える。
(具体的には、排水機能の強化対策の実施、周辺の地質条件に応じた勾配設定や小段の設置、両切り区間においては幅員に余裕を確保する、道路啓開の容易さの観点からの構造形式の選定など)
- ・ トンネルについては、地山の大規模変位に対して構造物により内空保持を確保することには限界があることを鑑み、路線計画段階において地山の大規模変位が懸念される箇所を避ける必要がある。
また一方で、避けられない場合や施工中に判明した場合には、覆工コンクリートに破壊が生じたとしても道路利用者への被害をもたらさないよう、また、地震後の緊急点検や緊急復旧の活動の妨げにできるだけならないように覆工コンクリートの崩落を生じにくくする対策(配筋等)が必要と考える。