

行政情報

令和6年能登半島地震と道路構造物

道路構造物の被害状況と技術基準の方向性

増 竜 郎・葩 島 洋 伸・児 玉 祐 一

令和6年1月1日に石川県能登地方で発生した最大震度7の地震は、道路構造物に大きな被害をもたらした。道路構造物専門家による調査の結果、そこには、橋梁、土工、トンネル等の道路構造物毎に、また、適用基準や周辺環境等により、いくつかの傾向が把握された。その結果を踏まえ、社会資本整備審議会の道路技術小委員会において、技術基準の方向性を審議している。

キーワード：令和6年能登半島地震、道路構造物、技術基準、橋梁、トンネル、土工、盛土

1. はじめに

令和6年1月1日16時10分、石川県能登地方において、最大震度7、マグニチュード7.6の地震が発生し、現地の橋梁、トンネル、土工の各道路構造物に様々な被災が生じ、交通に支障をきたした。発災後、国土交通省国土技術政策総合研究所及び（国研）土木研究所の道路構造物の各分野の専門家（R.6.1.2～3.26、計37回、延べ196名）にて、現地調査が行われた。

この専門調査により、各道路構造物の被災状況、その特徴が明らかになってきた。令和6年2月21日には、専門調査の中間報告として、社会資本整備審議会道路分科会道路技術小委員会において報告した。この専門調査の中間報告とその後の調査結果を踏まえ、同年3月26日の同会議において、能登半島地震を踏まえた道路構造物の技術基準の方向性について審議がなされた。その後、同年7月22日に同会議において技術基準等の対応案が審議された。

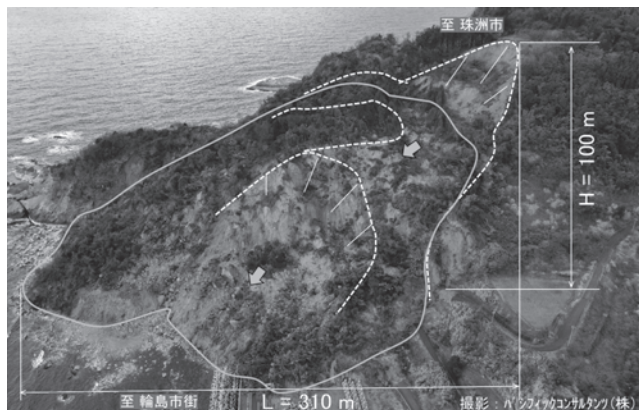
2. 被災状況

令和6年能登半島地震による道路構造物の被災状況について、道路構造物（共通事項）、橋梁、土工（能越道）、トンネル、土工（国道249号沿岸部）のそれぞれについて示す。

(1) 道路構造物（共通事項）

まず、今回の地震の規模として、その地震動は、能登半島地域では、レベル2地震動と同程度であった。震度7を記録した地域では、一部の周波数帯でレベル2地震動を上回るところもあった。今回の地震は、平成19年（2007年）能登半島地震と比較しても、より大きい力が作用する地震動が記録された。

被害の特徴として、まず、石川県が管理する国道249号の沿岸部における大規模な斜面崩落や地すべりによる通行途絶、地山の変位による影響と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



図一 地すべり・斜面崩壊（逢坂トンネル坑口埋没）



図二 覆工コンクリート崩落（大谷トンネル）



図一 3 沢埋めの高盛土被災（能登大橋南側）

被害を防ぐには限界がある事例が見受けられた（図一 1, 2）。

また、橋梁本体としては通行機能を確保できていても橋梁に接続している土工構造物の被災により通行機能が損なわれた事例、トンネル本体としては通行機能を確保できていても、トンネル坑口の斜面崩落により通行機能が損なわれた事例など道路構造物の境界部付近での変状が交通機能に著しい障害を及ぼした事例が見受けられた（図一 3）。

(2) 橋梁

まず、石川県内（震度 6 弱以上）の橋梁 3,018 橋のうち、落橋した橋梁は、今回の震災で確認されていない。

そして、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留まっており、基準の改定で対応が取られてきた橋脚のせん断破壊などは見られなかった（図一 4）。一方、周辺盛土や堤防の変状に伴って橋台に異常変位が残留する例が散見され、本復旧の対応の遅れにつながる可能性が懸念された（図一 5）。

橋台背面について、小規模な段差は多数発生しているが、速やかに機能回復できているものが大半であった。また、平成 8 年道路橋示方書で踏掛版の設置が望ましいとし、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た効果が捉えられた（図一 6）。

一方、落橋に至っていないものの、古い基準で設計された道路橋の中には深刻な被災も見受けられた。

(3) 土工（能越道）

能越道（石川県内）の全盛土の 155 箇所を調査したところ、大規模崩壊が 28 箇所であった。

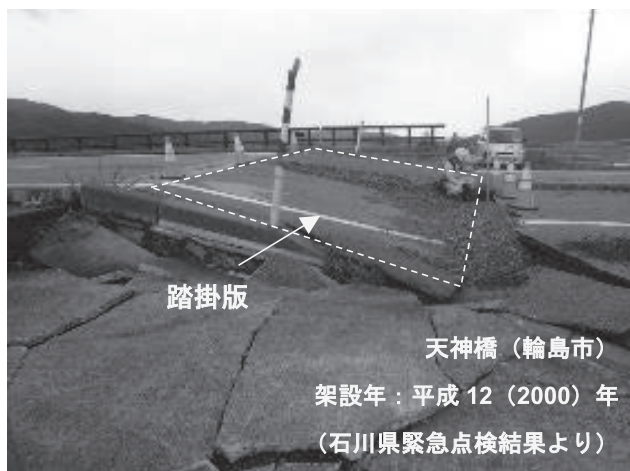
造られた年代で被災の特徴が見受けられ、大規模崩



図一 4 新しい基準の橋の損傷例



図一 5 地盤からの変位の影響による橋台の被災例



図一 6 踏掛版が効果を発揮した例

壊が生じた盛土は、平成 22 年の盛土工指針の改定（排水対策等）、及び、平成 25 年の土木工事施工管理基準改定（土工締固め管理基準として路体 85% から 90% への引き上げ等）の以前に造られた盛土であった。一方、これらの基準類以降に整備された盛土は、被災が軽微であった（図一 7）。

また、平成 19 年能登半島地震で大きく被災し、補強や排水等の対策を講じた盛土は、被害がほぼ軽微であった。一方、平成 19 年の地震で被災がない箇所でも、水が集まりやすい沢埋めの高盛土は、大きな被害が生

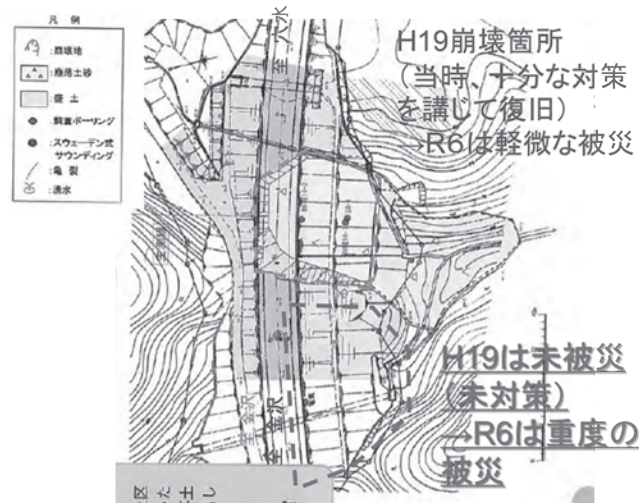
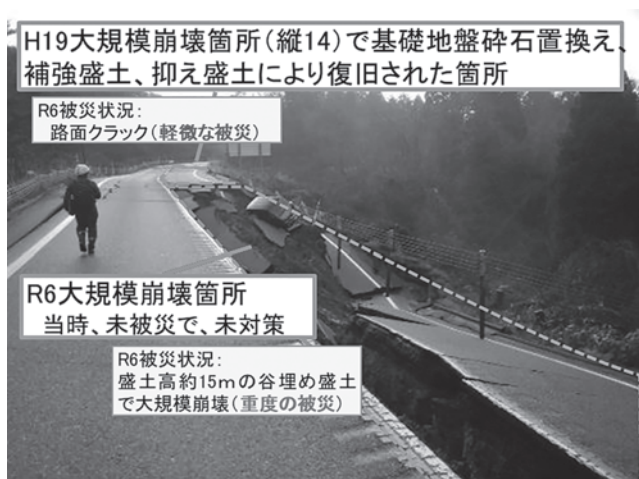
じている（図—8）。

更に、車線数（盛土幅）が大きいほど交通機能の全損失には至りにくい傾向が見受けられ、2車線区間（21 km）の崩落した盛土16箇所のうち交通機能全損失は9件に対し、4車線区間（6 km）の崩落した盛土5箇所のうち交通機能全損失はなかった（図—9）。



× 大規模崩壊確認箇所

図—7 能越道（盛土）の大規模崩壊箇所



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

図—8 能越道（盛土）のH19被災とR6被災の状況

(4) トンネル

石川県内（震度6弱以上）のトンネル67箇所のうち専門調査を26箇所行い、規模が特に大きな損傷（覆工の崩落）は2箇所であった。その他は、覆工塊の落下が2箇所、圧ざやせん断ひび割れが1箇所、大規模なひび割れが2箇所であった（図—10）。

大規模に被災した2箇所のトンネルについては、地山の大规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。（大谷トンネルについては、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规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规模な変形の影響が考えられる（図—11）。

一方、平成19年能登半島地震で被災した旧八世乃洞門の付け替えとして建設し、平成21年に完成した八世乃洞門新トンネルは、坑口付近で落石や崩土が生じたものの、トンネル自体には大きな損傷がなかった。

(5) 土工（国道249号沿岸部）

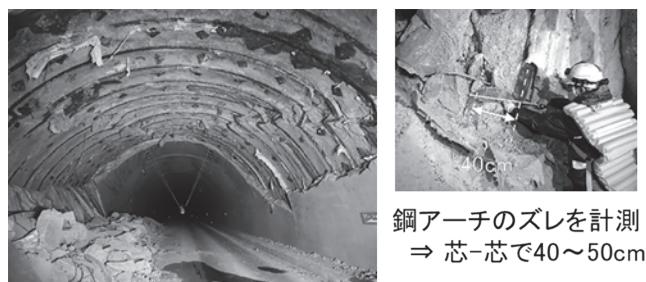
土工として、国道249号沿岸部については、地すべ



図—9 4車線区間（左）と2車線区間（右）の被災状況



図—10 トンネルの被害状況（専門調査結果）



図—11 トンネルの被害状況（専門調査結果）

り、斜面崩壊等の大規模な被災が発生した。斜面崩壊は、山自体が大きく崩壊しており、復旧にあたっては安定性の確認が必要な状況である。また、地すべり箇所は、規模が大きく、想定以上の滑りが発生しており、抜本的な復旧対応の検討が必要な状況である。

3. 技術基準の方向性

前述のとおり、令和6年能登半島地震による道路構造物の被害状況を踏まえ、技術基準の方向性が示された。道路構造物（共通事項）、橋梁、土工（能越道）、トンネル、土工（国道249号沿岸部）のそれぞれについて紹介する。

（1）道路構造物（共通事項）

- 大規模な斜面崩落や地すべり、地山の変位の影響に対しては、道路構造物のみで被害を防ぐには限界があることから、路線の検討や路線内での構造物の配置計画の検討等の道路計画段階において、周辺の地形や地質条件に関する情報とともに道路リスク評価の観点も踏まえ、安全で信頼性の高い道路計画となるように配慮に努めること。
- また、道路に求められる様々な性能（走行性能、壊れにくさ、復旧のしやすさ）に合理的に対応し、かつ、道路区間として整合的に道路機能を満足させられるように、道路構造物の技術基準の性能規定化を方策の一つとして検討を進めること。
- 更に、調査、設計、施工、維持管理において、性能規定も適用し新技術・新工法の活用にも努めること。（人の立ち入りが危険な被災箇所やコンクリート内部等の目視確認が困難な箇所での無人調査機や非破壊検査、また、盛土の施工方法や材料、トンネル復旧工法や材料などにおいて、新技術・新工法の活用を検討すること。）

（2）橋梁

- 技術基準の妥当性を覆す事象や知見は現時点では確

認されていないが、迅速な復旧の実現性を高める観点から、次について技術基準の充実・整備を検討すること。

- ・落橋防止構造のように、具体の外力が想定できない事象に対しても迅速な復旧の実現性が期待できる設計項目及び内容の充実化を検討すること
- ・所要の安全余裕を確保するだけでなく、迅速な応急復旧を可能とする損傷形態を実現させるための設計項目及び内容の充実化を検討すること
- ・橋梁の構造特性も踏まえ、地震後の点検や診断の容易さ、復旧のしやすさに配慮した構造、アクセス手段の確保について検討すること

- 性能規定化されている道路橋示方書に準じて、個々の構造の条件を適切に反映し、復旧や修繕の目的に応じた柔軟かつ合理的な対策が行えるよう、要求性能の設定やダメージコントロールの考え方の導入なども含めた修繕の技術基準類の整備を検討すること。

（3）土工（能越道）

- 技術基準の妥当性を覆す事象や知見は現時点では確認されていないが、今般の地震被害も踏まえ、次の事項を含めて技術基準の充実・整備を検討すること。
 - ・地形と地質、過去の被災への対策履歴、被災リスクを踏まえ、構造物の形式及び配置、また排水等の対策に配慮すること
 - ・要求する性能を確実に達成するために、より具体性のある設計、施工、維持管理に関する技術的事項を充実すること
- 土工の耐震設計にあたっては、現行基準を基本とするが、既存盛土に対しては、重要度に応じ、適宜、修復性も含めた道路機能に係る性能確保に配慮し、計画的に耐震性の照査や必要な対策を検討すること。
- 土工構造物の形状及び材質の多様性及びそれらの時間経過による変化を鑑み、多くの不確実性を内在している前提で、過去からの災害より得られる知見を通じて、技術基準の継続的な改善を図ること。

（4）トンネル

- 技術基準の妥当性を覆す事象や知見は現時点では確認されていないが、今般の地震被害も踏まえ、次の事項を含めて技術基準の充実・整備を検討すること。
 - ・地山の大規模変位など構造物による内空確保に限界がある事象も想定されることに鑑み、路線計画やトンネル区間設定において、地山の大規模変位が懸念される箇所を避けるなど、被災リスク軽減の観点による、より充実した検討が行えるよう方

法を検討すること

- ・地山の大規模変位が懸念される箇所を避けられない場合等には、トンネル内部空間での利用者被害リスクの軽減や速やかな通行機能の回復を可能とするために、覆工コンクリートの崩落などが生じにくい対策を検討すること（配筋や新技術等）

(5) 土工（国道 249 号沿岸部）

- 被災規模が大きく、その形態が多様であることから、被災メカニズム等について更なる調査分析を進めた上で、技術基準への反映にあたっては次の検討をすること。
 - ・被災規模が大きい一方で、道路構造による対策には限界があるものもあり、道路構造物の技術基準で達成すべき事項と路線計画の段階で配慮しておくべき事項の整理を行うこと
 - ・その上で構造物を配置する場合は、残存する被災リスクの軽減策について検討すること

4. 技術基準等の対応案

前述の技術基準の方向性を踏まえた、技術基準等の対応案について、道路構造物（共通事項）、橋梁、土工、トンネルをそれぞれ紹介する。

(1) 道路構造物（共通事項）

- 事業化前の計画段階において、地滑り地帯や断層等を把握してリスクの検討を行う。
- 構造物の設計、施工の段階においても、現地調査結果等を踏まえ、隣接する構造物間も含めて道路機能に支障となるリスクを把握し、必要があればルートや構造を見直すなど、柔軟に運用。
- 地形・地質状況や被害発生予測などを、より確度高く把握可能な新技術の活用。（3D 測量、シミュレーション、データベース等）
- 道路に求められる様々な性能（走行性能、壊れにくさ、復旧のしやすさ）について、各道路構造物の特性に応じて、技術基準類を充実。《各技術基準での対応》
- 最新の技術動向に基づき、性能規定による対応も含め、各技術基準類を充実。《各技術基準での対応》

(2) 橋梁

- 続発する地震への対応

続発する地震により、橋梁の重要な機能の損失が起り得ることから、現行基準に規定のない「続発する

地震」を加える（図—12）。

- 地震後の迅速な対応の考慮

現行基準の「維持管理の確実性と容易さ」において、地震を想定した次の項目を充実。（点検できること、診断できること、復旧できること）

- 隣接部の対応（橋台背面アプローチ部）

今回の地震で復旧に時間を要することとなった橋台及びその周辺部の被害状況を踏まえ、橋台背面アプローチ部に求める性能を示す。

(3) 土工

- 技術基準改定の視点

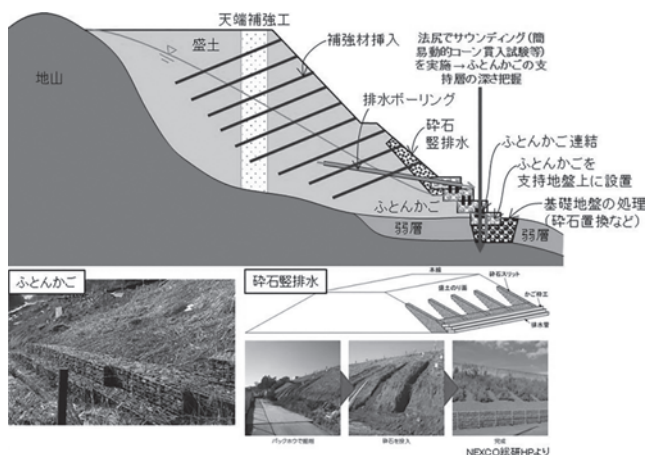
道路機能を確保する観点からの性能規定の充実

- 現場で生じている課題に対する具体の対応方策（案）

- ・道路土工構造物の設計における「計画」時の配慮事項の明確化
- ・「不確実性」及び「設計の前提条件と異なる場合」の対応方針の明確化
- ・基準解説、指針、便覧等の記載の充実（図—13）



図—12 橋台背面部の損傷で抵抗特性が変化した事例



図—13 盛土排水対策の事例

(4) トンネル

トンネルについては、次の課題を踏まえ、技術基準改定の必要性や方向性を今後審議することとしている。

- 性能規定に基づく技術基準への転換
- R6 能登半島地震への対応
- 技術の進展への対応
- 現場で生じている課題への対応(定期点検の課題等)

5. おわりに

我が国は、これまでも、全国各地にて大規模地震により甚大な被害を受けてきた。その時々技術者達により、その苦難を乗り越え、得られた知見に基づき、道路構造物の技術基準の整備と改良がなされてきた。それらのご尽力により、今回の大規模地震に対しても、多くの道路構造物において甚大な被害を防ぐことができた。

一方で、今回の地震により、盛土の大規模崩壊や道路構造物間の耐震性能の違い、構造物のみでの対応に限界があることなど、新たな課題も認識された。この経験と知見を基に、更なる技術基準の改良と技術開発

を進め、今後の全国の道路構造物の一層の改善につなげて参りたい。

J C M A

《参考文献》

- ・第21回社会資本整備審議会 道路分科会 道路技術小委員会（2024年2月21日）資料
- ・第22回社会資本整備審議会 道路分科会 道路技術小委員会（2024年3月26日）資料
- ・第23回社会資本整備審議会 道路分科会 道路技術小委員会（2024年7月22日）資料

〔筆者紹介〕

増 竜郎（ます たつろう）
国土交通省
道路局 国道・技術課
技術企画グループ

龍島 洋伸（はいしま ひろのぶ）
国土交通省
道路局 国道・技術課
技術企画グループ

児玉 祐一（こだま ゆういち）
国土交通省
道路局 国道・技術課
技術企画グループ

