

## 2.2.6 道路構造物研究部

### 地震時における主に道路橋を対象としたセンサ計測に関する分析的研究

Analytical study on sensor measurement mainly for road bridges during an earthquake.

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

道路構造物研究部  
道路交通研究部

研究官 本多 弘明  
道路防災研究官 井上 隆司

#### [研究目的及び経緯]

地震時における、社会資本、特に道路橋を、目視による緊急点検のみではなく、センサを用いてモニタリングすることで、緊急点検を合理化することが求められている。本研究は、主に道路橋について、センサ計測によって、地震時の塑性化の状況を検出する技術について文献調査するものである。

本年度は、2001年以降の発行年を対象に、ジャーナルに検索をかけてヒットした121,651件の中から、ヒット率の高い1000件を対象として、地震時及び地震後の道路橋脚の損傷の検知に関わる文献30件程度を抽出した。その中から、2件の論文について、実用化に向けた課題を整理するものとし、迅速性、精度、費用、作業性、耐用性等の観点より整理を行った。

## 道路橋等の性能評価方法の充実・高度化に関する調査検討

Study on the sophistication of performance evaluation method for bridges

道路構造物研究部 橋梁研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)  
室長 白戸 真大  
主任研究官 岡田 太賀雄  
交流研究員 五味 傑

### [研究目的及び経緯]

平成29年7月に道路橋示方書が改定され、従来の許容応力度法に替えて部分係数法が導入された。この改定は、新形式の橋梁や構造部材の性能の評価を具体的に行う手順のガイダンスにも成り得るものである。たとえば、橋に対する作用の同時載荷状況を反映できるように設計に用いる荷重組合せも刷新された。しかし、新しい形式の橋梁や構造部材の技術は常に進歩しており、断面の大型化や少数部材化など従来とは異なる特性を有する多様な橋に対しても、的確に性能を評価できるように、性能の評価方法を充実していく必要がある。

本年度は平成14年の道路橋示方書の性能規定化以後、新しい形式の一つとして比較的採用数が増えた波形鋼板ウェブPC箱桁橋の現在の状態を把握することを通じて、道路橋の設計一般として性能評価方法の過不足を把握した。その結果、現在の設計では考慮されていない新しい荷重組み合わせを検討する必要があること、経験的な構造細目によっては隔壁の間隔や厚さ、ウェブとの固定度等の設計方法を検討する必要があることがわかった。

## 高強度材料の活用による橋梁構造合理化に関する調査検討

Research and study on rationalization of bridge structure by utilizing high strength materials

道路構造物研究部 橋梁研究室

(研究期間 令和元年度～令和4年度)  
室長 白戸 真大  
主任研究官 佐々田 敬久  
研究官 石尾 真理  
交流研究員 佐藤 悠樹

### [研究目的及び経緯]

高強度材料は、降伏強度が高くなるほど、降伏比（上降伏点／引張り強さ）が高くなり塑性化後の強度の増加が見込めなかったり、伸び性能が小さくなる場合があり、適用にあたっては実験的な検討が有効である。また、たとえば鋼構造では鋼材の高強度化により板厚が薄くなり、応力変動が大きくなることで、疲労の発生が懸念される。そこで、本研究では、高強度材料を活用し、部材等の設計の合理化を図るための基礎的な試験結果等を得ること、また、適用にあたっての検証試験法を提案することを目的としている。

本年度は、従来の構造用鋼材より降伏点の高い高降伏点鋼板（以下、SBHS）を使用し、板厚を薄くした鋼製ラーメン橋脚の隅角部に対して、フィレット構造を採用することで応力集中を緩和する方法について有効性を検証した。実験の結果から、SBHS500のような高強度鋼とフィレットを隅角部に適用することで、疲労の影響を緩和しつつ従来よりも薄肉の隅角部の断面を設計できる可能性が確認出来た。

## 道路橋の維持管理計画の継続的改善に関する調査検討

Study on the continuous improvement methodology for road bridge management plans

道路構造物研究部 橋梁研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)  
室長 白戸 真大  
主任研究官 岡田 太賀雄  
研究官 伊原 岳宏

### [研究目的及び経緯]

道路構造物の管理では、道路構造物の老朽化に加えて、大型車の増加、自然災害の頻度の増加などの課題に直面している。様々な課題に対して同時的かつ効率的に対応していくためには、随時更新・蓄積される構造物の諸元や定期点検等のデータに基づき、様々な要因に対する構造物、そして道路ネットワークの脆弱性を的確に把握すること、それに基づき維持管理の計画を更新することが望まれる。

本年度は、道路を構成する構造物の組み合わせや構造形式や適用基準などの道路構造の特性、3次元地形データなどの立地条件、定期点検結果や防災点検結果、幅員などの道路の幾何線形情報を活用した、豪雨や地震が道路橋の通行機能に与えるリスクを評価する方法を提案し、近年被災した路線のいくつかの道路橋を対象に試行した。その結果、構造物単位でリスクを評価することは困難であっても、道路区間毎のリスクを判別して比較することで、対策の優先度が高い区間を判別できる可能性があることがわかった。

## 道路橋の点検の省力化・高度化に関する調査検討

Development of bridge evaluation protocols to increase reliability and decrease labor intensity in inspection

道路構造物研究部 橋梁研究室

(研究期間 令和2年度～令和6年度)  
室長 白戸 真大  
主任研究官 上田 晴気  
交流研究員 五味 傑

### [研究目的及び経緯]

プレストレスコンクリート道路橋（以下、PC道路橋という）が現状で保有する性能を正確に把握するためには、本来完成構造物のプレストレス状態や内部鋼材の変状などを一定の精度で確認できることが不可欠である。特に、現状で残存しているプレストレス量は橋の耐荷性能に直接影響するため、その残存量の程度を正確に把握しておくことはPC道路橋の安全管理上に重要である。構造上、既設桁ではコンクリート内部のPC鋼材やプレストレスの状態は容易には計測出来ないが、危険な状態にあるかどうか分かるだけでも落橋に至ることを防げる可能性がある。

令和3年度では、近年、構造物の監視技術として期待される画像や点群データを対象に、既設のPC道路橋のプレストレスの低下を捉えるために少なくとも有すべき記録精度、または、その目安を提案することを目的としている。

## 損傷を受けた部材の耐荷性能評価への部分係数法の適用に関する調査検討

Study on the application of partial factor design for evaluation of load bearing performance of damaged members.

(研究期間 令和3年度～令和6年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

室長 白戸 真大  
主任研究官 岡田 太賀雄  
交流研究員 木下 貴史

### [研究目的及び経緯]

既設道路橋の損傷の箇所や程度は様々であり、材料の強度や有効な断面を評価するための調査の質、量も多様である。また、修繕のために追加する材料も多様である。したがって、これらを設計でどのように見込むのかによって、性能の評価や修繕設計の信頼性がばらつくことになる。本研究では、既設道路橋の性能評価や修繕設計に特有の部分係数の補正方法や橋の限界状態の評価法を体系化することを目的としている。

本年度は、上部構造の一部の部材が塑性化したときに、部材の機能の代替性や同じ機能の部材の補完性を反映し、橋としての機能状態を評価する方法を提案し、上部構造の損傷や落橋事例を対象に妥当性を検証した。その結果、限られた事例ではあるが、提案した評価法は、一部の部材が損傷や降伏するような場合における既設道路橋の落橋や供用可能性を評価できた。

## 道路構造物の補修・補強に関する基本工法の充実に向けた試験調査

Development of the guidance on techniques of repair and reinforcement for road structures

(研究期間 令和3年度～令和6年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

室長 白戸 真大  
主任研究官 佐々田 敬久  
研究官 石尾 真理  
交流研究員 佐藤 悠樹

### [研究目的及び経緯]

道路構造物の維持管理では、点検などで腐食等の劣化が見られた場合、性能の維持や回復のための補修を着実に実施することが必要である。また、車両の大型化や災害に対する国土の強靱化のために、必要な補強を進める必要がある。そこで、本研究では、補修補強の円滑化と適正化のために、複数の代表的な工法について、照査方法や設計、適用上の留意点をまとめることを目的としている。

本年度は、既設鋼桁の塑性強度の改善効果を把握するために、大型試験体による載荷試験を行った。実験の結果、水平補剛材と垂直材補剛材を連結板を用いて連続化することで、腹板の局部座屈変形が押さえられ、曲げに対する桁の塑性強度を向上させられることが確認出来た。

# 地質技術者が有する暗黙知の形式知化に関する研究

## Research on formalization of tacit knowledge of geological engineers

(研究期間 令和3年度)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

Road Structures Department

Foundation, Tunnel and Substructures Division

主任研究官

Senior Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer SASAKI Masakazu

宮原 史

MIYAHARA Fumi

佐々木 政和

Appropriate assessment of geological risk is important for ensuring the performance of road structures and the progress of road projects. However, because geology is invisible and highly individualized, the assessment of geological risk is largely based on the tacit knowledge of engineers. In this study, formalization of tacit knowledge of geological engineers focusing on the assessment of geological risk was attempted. Based on the results of interviews with geological engineers, the technical capabilities to assess geological risk was embodied using the framework of Bloom's taxonomy.

### [研究目的及び経緯]

地質を適切に評価することはあらゆる道路構造物の性能が確保される上での前提条件である。また、地質に起因する道路構造物の不具合はコスト増大や工期の延長に結びつく可能性があり、地質リスクの存在を認識することは道路事業進捗の観点からも重要である。

一方、地質は不可視であること、個別性が大きいことから、その評価は地質技術者の暗黙知によるところが大きいと考えられる。地質技術者の暗黙知を一部でも形式知化することができれば、道路構造物の性能確保や道路事業の円滑な進捗に資することができる。また、暗黙知を形式知化する方法論が確立できれば、「経験工学」とも言われる土木工学分野全般の技術者の人材育成にも応用可能と考えられる。

そこで本研究では、地質リスクの評価に着目して、地質技術者の技術力の解明を試みた。

### [研究内容]

#### 1. 地質リスクを評価する技術力の枠組の設定

2. と 3. で技術力を具体化するための枠組を設定した。

#### 2. 文献等の調査

技術力の構成要素を具体化するため、地質リスクに関するガイドライン類や全国地質調査業協会連合会が発刊している図書の記載内容を調査した。また、地質リスク学会が本年度開催した研究発表会の原稿 5 編に加え、その発表及び質疑応答を録音して字起こしたテキストを調査した。

#### 3. 地質技術者を対象としたインタビュー

2. と同様に技術力を具体化するとともに、その妥当性を確認するため、表-1 に示す地質技術者計 6 名を対象にインタビューを行った。インタビューは、予め web 会議で趣旨を説明した上で、回答者が調査経験のある現場に同行し調査内容の説明を受けた後、対面にて行った。インタビュー方式は「地質リスクを評価するた

表-1 インタビュー回答者一覧

回答者	経験年数	活動範囲	インタビュー日	備考
A	28年	全国	R3.12.17	現場説明無し
B	41年	主に新潟県	R4.1.17	回答者 B,C は
C	27年	主に新潟県	R4.1.17	同時に実施
D	25年	全国	R4.1.17	回答者 D,E は
E	28年	全国	R4.1.17	同時に実施
F	30年	主に九州地方	R4.2.17	回答者 E,F は
G	24年	主に九州地方	R4.2.17	同時に実施

めの判断や検討において何を考慮しているか？」をテーマとした半構造化面接とし、1時間程度で行った。

#### 4. 地質リスクに関する原稿の計量テキスト分析

本研究における技術力の整理結果の信頼性を担保するため、2. で対象とした研究発表会の原稿 194 編を対象にデータを整理し計量テキスト分析を行った。

### [研究成果]

#### 1. 地質リスクを評価する技術力の枠組の設定

本研究では、道路橋を維持管理する技術力の解明を試みた筆者の先行研究を踏襲し、教育分野で開発された 2 次元のブルーム・タキソノミーの枠組を用いることとした。図-1 に、設定した技術力の枠組を示す。筆者の先行研究を参考に、高次の認知過程（「分析する」、「評価する」、「創造する」）はリスク評価プロセスに沿って整理することを想定した。また、これらの間には仮説や可能性を慎重に吟味する「仮説思考」があることを想定した。一方、地質リスクの評価は、日本科学技

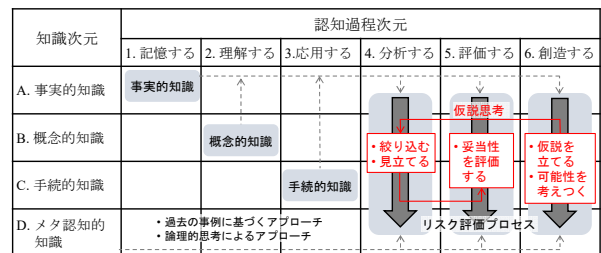


図-1 地質リスクを評価する技術力の枠組の設定

術連盟が示す「未然防止型」のアプローチに該当する  
と考へ、事例に基づくアプローチと論理的アプローチ  
があることを想定した。

## 2. 文献等の調査

ガイドライン類と図書を調査した結果、地質リスク  
評価に関して記述されている以下の内容等を1.で設定  
した枠組での技術力の整理に反映することとした。

- ・地質リスク発現事例や、調査地周辺または類似地盤  
における施工例を参考にすることが必要であること
- ・計画構造物の設計がどのように行われるのかを知る  
必要があること
- ・地形・地質の整理を行った上で、それらに応じて懸念  
されるリスクに対応するための解析、設計に必要と  
なる調査を計画する必要があること
- ・個別の調査が持つ目的を整理する必要があること
- ・N値の妥当性は注意して判断する必要があること

研究発表会の原稿を調査した結果、地質調査を行っ  
た後、地質リスクの評価に先立ち、対象箇所の「状態を  
見立てる」プロセスを技術力の整理に反映することと  
した。また、発表と質疑応答における地質技術者の“生”  
の語りからは、原稿には表れない、過去の事例に基づ  
くアプローチが確認された。

## 3. 地質技術者を対象としたインタビュー

インタビューの結果、2.に示した内容に加え以下の内容  
等を技術力の整理に反映することとした。

- ・回答者Fの「例えば断層が付随したりとか、地層の  
境界面があると、大きく4,5メートルもずれる可能  
性もあるんで。」という語り等を踏まえ、地質リスク

の抽出のみならず、その不確実性や影響の大きさを  
評価するプロセスを反映することとした。

- ・回答者Cの「まずリスクの仮定から始まっていくと思  
います。(中略)ちょっと違うことがあったら、また戻  
って、また新たな仮定をつくって、ぐるぐる回って  
くんで。」という語りを踏まえ、リスク評価プロセスが  
循環する場合があることを反映することとした。

また、いずれの回答者からも、1.で設定した枠組や、  
仮説思考、事例に基づくアプローチ、論理的アプ  
ローチを支持する回答が得られた。本研究で整理した地質  
リスクを評価する技術力を図-2に示す。

## 4. 地質リスクに関する原稿の計量テキスト分析

計量テキスト分析を行い共起ネットワークを出力し  
たものの、図-2と明確に対応する結果は得られなかつ  
た。対象データにはリスク評価の判断経緯や検討経緯  
が必ずしも明確に記述されていないことが原因と考え  
られる。ただし、用語の出現回数等の客観的なデータ  
は、今後図-2で整理した個々の構成要素の更なる具体  
化等に活用可能と考えられる。

### [まとめ]

本研究では、地質リスクを評価する技術力の整理の  
一例を具現化して示した。また、ブルーム・タキソノ  
ミーの枠組や、研究発表やインタビューといった技術者  
の“生”の語りや技術者の暗黙知の形式知化に有効で  
あることを確認した。

### [成果の活用]

本研究の成果は、道路橋のリスクに関する研究に  
おいて基礎的な知見として活用する予定である。

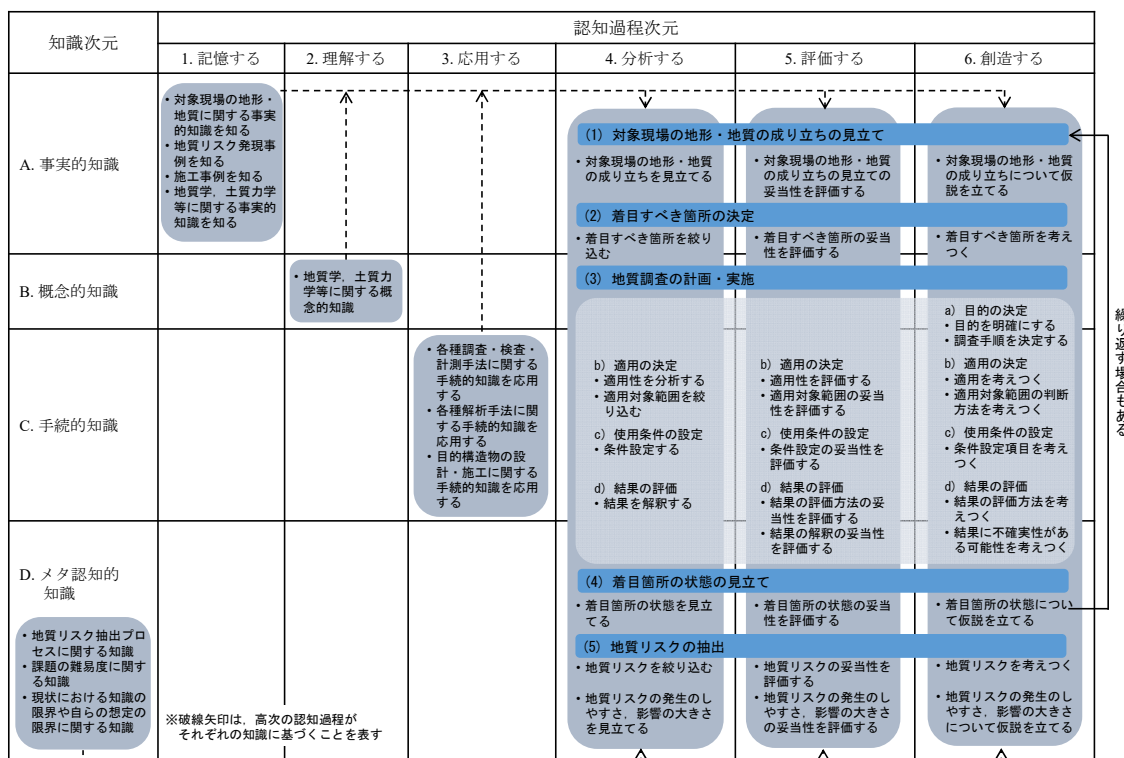


図-2 地質リスクを評価する技術力

## トンネルの合理的な点検法及び設計・施工法に関する調査検討

Study on rational method for inspection, design and construction of road tunnels

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

室長	七澤 利明
主任研究官	落合 良隆
主任研究官	佐藤 正
研究員	藤原 茜

### [研究目的及び経緯]

道路関係法令の改正により、平成26年度から、トンネル等の道路構造物について5年に1度の定期点検が義務付けられたことを踏まえ、本研究では点検等の効率化・高度化に関する調査・検討を行っている。また、トンネル技術基準の性能規定化に向けて、新技術の性能評価手法に関する検討及び調査・計画段階の課題に対する対応方針の検討を行っている。

本年度は、道路トンネル定期点検の1巡目・2巡目点検結果の比較等に基づく構造条件・環境条件・部位別の変状進展状況の分析や、各種点検支援技術の組合せによる状態把握の精度向上可能性について確認するとともに、補修・補強事例を収集し、補修材料別に劣化の状況を確認した。また、地質・地盤等に起因する不具合事例を収集・分析し、調査・計画段階でのリスクマネジメントが重要であることを確認した。

## 橋台背面アプローチ部等の土工性能検証項目等の調査検討

Research on performance validation item of earthworks behind a bridge abutment.

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

室長	七澤 利明
主任研究官	宮原 史
研究員	山田 薫
交流研究員	岡崎 貴斎

### [研究目的及び経緯]

道路橋の背面アプローチ部には、荷重軽減や用地制約への対応の観点から、通常の盛土以外の新技術が用いられる場合がある。通常の盛土を求められる場合は、道路橋示方書の規定に従うことで橋としての性能が確保される一方、それ以外の構造を用いる場合は、橋台への作用等を個別に検証する必要がある。しかし、橋台への作用以外の条件も含め、アプローチ部の構造の性能検証方法は確立されていない。そこで本研究では、新技術導入促進のため、アプローチ部に通常の盛土構造以外の構造を用いる場合の橋台への作用の明確化と、性能検証項目や標準的な試験方法の確立に向けた検討を行う。

本年度は、アプローチ部に補強土壁を有する盛土を用いた場合の地震時の挙動とそのメカニズムについて、通常の盛土を用いた場合との比較により評価するために、橋軸直角方向に地震動を入力する動的遠心模型実験を行った。また、両条件における常時の土圧の実態を把握するため、土圧の現場計測を行った。

## 既設橋梁基礎の補修補強の調査・設計手法の調査検討

Research on survey design methods of repair reinforcement of existing bridges.

道路構造物研究部 構造・基礎研究

(研究期間 令和2年度～令和4年度)  
室長 七澤 利明  
主任研究官 宮原 史  
研究官 山田 薫

### [研究目的及び経緯]

現行の道路橋示方書は新設橋梁を対象として支持力の推定精度や施工精度のばらつき等による不確実性の大きさに応じて安全余裕を考慮した設計法を採用し、不確実性に応じた合理的な設計が可能になっている。しかし、既設橋梁基礎を対象とした不確実性を考慮した性能評価手法や補修補強の設計法については確立されておらず、地盤調査や施工時データを活用した既設橋梁基礎の地盤の不確実性の評価方法を提示する必要がある。

そこで、国土技術政策総合研究所では、既設橋梁基礎の補修補強の必要性判断のための評価手法及び合理的な補修補強を可能とする設計手法の確立に向けた検討を行っている。

本年度は過年度収集した事例を踏まえ、補修補強のニーズが比較的多いと考えられる杭基礎の形式を選定した上で、既設部材と補強部材との接合方法の違いによる不確実性を考慮し、新設設計と同等の信頼性が得られる部分係数を試算するための条件設定を行った。

## 大型カルバート等の要求性能に対応した維持管理手法及び信頼性設計に関する調査検討

Research on maintenance management methods and reliability design for large culverts and other structures to meet performance requirements.

道路構造物研究部 構造・基礎研究

(研究期間 令和3年度～令和5年度)  
室長 七澤 利明  
主任研究官 谷 俊秀  
研究員 山田 薫

### [研究目的及び経緯]

高度経済成長期に集中的に整備された道路構造物を将来にわたり効率的に維持管理していくことが求められており、平成26年度よりトンネル等の道路構造物について5年に1回の法定点検が行われている。

国総研では、道路土工構造物を効率的に維持管理していくために国等の各道路管理者で行ったシェッド、大型のカルバート等の定期点検結果を収集・整理し、定期点検の合理化等について検討を進めている。

本年度は、令和2年度等で定期点検を実施した国が管理するシェッド約130施設、大型のカルバート約530施設等を対象として、その定期点検結果から1巡目からの変状傾向や劣化特性等を整理・分析した。また、統一的な要求性能と対応する土工構造物の設計体系構築に向け、大型のカルバート等の構成要素や状態の整理を行い、性能規定体系の素案を提示した。



## 洪水・豪雨に対する道路構造物の強靱化に関する調査研究

Research on toughening of road structures against floods and heavy rains.

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

道路構造物研究部 道路基盤研究室

(研究期間 令和3年度～令和4年度)

室長 七澤 利明

主任研究官 宮原 史

室長 渡邊 一弘

主任研究官 吉川 昌宏

### [研究目的及び経緯]

令和2年7月豪雨・令和3年8月前線による長雨など近年の集中豪雨等による橋梁基礎及び道路土工構造物の基礎が洗掘被害を受け、道路機能が長期にわたり喪失する事象が継続している。このように、頻発化・激甚化する災害に対して、防災対策をより一層推進するほか、災害リスクの影響を的確に把握する必要である。

本研究は、河川増水による橋梁や道路土工構造物の洗掘の被災メカニズムの調査し、対策等について検討するほか、斜面等からの土砂災害リスクに対し道路への影響度を検討するものである。令和3年度は、橋脚の片側のみに護岸の護床工が設置されている橋梁の洗掘を模擬した水理実験を行い、洗掘被害のメカニズムや、有効な洗掘防止策を確認した。また、道路土工構造物の洗掘要因は、既存の被災資料を整理するとともに代表箇所において現地調査を行い、水理再現解析等を通じて被災メカニズムを整理した。斜面等の土砂災害については、既存の被災資料を整理して被災要因の特徴を分析すると共に、代表箇所にてLPデータを用いた地形判読、現地踏査により、被災・非被災に着目して土石流が道路に達する推定について検討した。

## 盛土・切土等の要求性能に対応した維持管理手法及び信頼性設計に関する調査検討

Study on maintenance management method and reliability design for required performance of embankment and cut

道路構造物研究部 道路基盤研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)

室長 渡邊 一弘

主任研究官 青山 淳

主任研究官 吉川 昌宏

### [研究目的及び経緯]

平成27年3月に「道路土工構造物技術基準」が、平成29年8月には「道路土工構造物点検要領」が定められ、道路構造物に対して体系的な観点から調査・設計・施工及び維持管理などを行うこととなった。

本研究は、蓄積した点検結果や被災事例から、道路土工構造物に求められる性能について検討を行い、基準類等および点検要領への反映を行うものである。

本年度は、長大法面の崩壊事例を対象に、既存の点検結果及び点群データによる地形等の確認を行い、長大切土及び長大盛土の損傷要因の特徴を整理・分析した。また、各地方整備局等が管理する道路土工構造物の平成30、令和元年度、令和2年度定期点検結果(9,829データ)に関し、点検調書における健全性の診断の所見の根拠の記載内容を基に、的確に健全性の診断がされている事例を抽出するとともに、健全性診断の所見の定型文の構成をとりまとめた。

## 舗装の長寿命化に向けた維持管理手法に関する調査検討

Research on the maintenance method for extending the life of pavement

道路構造物研究部 道路基盤研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)  
室 長 渡邊 一弘  
主任研究官 桑原 正明  
研 究 官 若林 由弥

### [研究目的及び経緯]

舗装は更新周期が短いうえストック量が膨大であるため、長寿命化によるライフサイクルコスト削減を目指すことが喫緊の課題である。平成28年10月に「舗装点検要領」が策定され、道路管理者が交通量や路線の重要度等に応じてメリハリをつけた管理を行うことや、劣化の進行にバラつきが大きいアスファルト舗装について、表層を供用し続ける目標年数の設定を通じて劣化の進行を意識した維持管理を行うこと等が示された。

本研究では、舗装マネジメントのさらなる合理化に向け、舗装の全国的な劣化傾向把握を行うことを目的に、直轄国道の点検結果の整理・分析や、新技術のさらなる点検への早期劣化区間を減少させるための予防的措置の事例調査等を実施する。令和3年度は、過去4箇年にわたり実施された直轄国道の点検結果について集計、整理するとともに、維持工事のデータを収集し、補修に関する道路管理者の判断を支援する観点から、実施した補修工法の概要や工法選定の考え方について整理した。

## 道路構造物としての舗装の要求性能に関する調査検討

Research on required performance of pavement as a part of road structure

道路構造物研究部 道路基盤研究室

(研究期間 令和元年度～令和4年度)  
室 長 渡邊 一弘  
主任研究官 桑原 正明  
研 究 官 若林 由弥

### [研究目的及び経緯]

舗装は様々な道路構造物や原地盤の上に構築されるものであるため、下部の構造物等を保護するという観点からも要求性能を検討していく必要がある。また、膨大なストックを有する道路舗装について、技術者が不足する中限られた予算で効率よく管理していくためには、舗装種別の適切な選択等を通じて、ライフサイクルコストを低減させていく必要がある。

本研究は、道路構造物の一部としての舗装に求められる性能について検討を行うとともに、高耐久なコンクリート舗装の適材適所でのさらなる活用に向けた適用条件等の検討を行うものである。令和3年度は、平成25年から30年にかけて施工された直轄国道のコンクリート舗装を対象に、早期劣化が生じやすいとされている横断構造物上のコンクリート版を抽出し、諸元を整理するとともに現状の損傷調査を実施した。調査の結果、ほとんどの工事でコンクリート舗装の損傷は生じておらず、健全な状態であることが確認されたが、一部のコンクリート版では横断構造物前後で路面の凹凸が確認され、引き続き追跡調査を実施していく必要があると考えられる。

# 道路舗装の層間はく離による早期劣化メカニズムの解明とその対策に関する研究

Research on early degradation mechanism of road pavement due to interlayer debonding and its countermeasures

道路構造物研究部 道路基盤研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)  
研 究 官 若林 由弥

## [研究目的及び経緯]

近年の調査により、アスファルト舗装において、アスファルト混合物層内で発生した層間はく離が一因となって舗装が早期に劣化したと考えられる事例が散見されている。しかし、現在のアスファルト舗装の設計法では、層同士が完全に付着しているという仮定に基づき構造設計がなされており、交通荷重に対する耐久性が過大に評価されているおそれがある。

本研究では、層間はく離や通常の舗装における層間の付着状態などを再現した試験舗装上で荷重車による繰返し載荷試験を実施し、層間の挙動や長期供用性の変化について調査するとともに、調査結果に基づき層間の付着状態を考慮した疲労解析モデルを構築し、層間はく離が舗装の耐久性に与える影響について分析するとともに具体的な予防策について検討することを目的とする。令和3年度は、複数の層間状態を模擬した試験舗装を施工し、重錘載荷式たわみ測定装置（FWD）によるたわみ量や、荷重載荷時に舗装内部に生じる水平ひずみの測定を行った。その結果、層間接着のない工区では、層間接着のある工区と異なるひずみ分布形状となり、多層弾性解析結果と整合することなどを確認した。

# 災害対応学習ツールの社会展開の高度化に関する研究

## Study on social development of disaster response learning tools

(研究期間 令和2年度～令和3年度)

道路構造物研究部

Road Structures Department

道路構造物研究部 道路地震防災研究室

Road Structures Department

Earthquake Disaster Management Division

部 長

Director

主任研究官

Senior Researcher

福田 敬大

FUKUDA Yukihiro

長屋 和宏

NAGAYA Kazuhiro

We collected examples of learning activities related to disaster prevention and organized how each activity changed in response to the COVID-19 crisis. We also considered going online, focusing on disaster response learning at school, and revised our disaster response learning tool.

### 【研究目的及び経緯】

東日本大震災や近年の大規模水害等の経験より、災害対応の教訓集等、活動の参考となる資料が整備され、これらを基に多くの災害対応学習ツールが作られてきている。しかしながら、コロナウィルス感染症の対策として対人接触の少ない学習機会が強く求められるとともに、従来からも受講者の時間的制約等からオンライン学習等の活用が求められていた。

これらの課題解決のため、自然災害や防災に関するセミナーやワークショップ等の学習活動の事例を収集し、それぞれコロナ禍を踏まえてどのように変容したかを整理した。その上で、特に学校等での防災学習において、オンライン学習等でも活用可能な学習ツールを作成した。

### 【研究内容】

#### 1. 防災に関する学習活動に関する現状整理

「自然災害や防災に関するセミナーやワークショップ、学校等の授業」、「地域等が実施する防災活動」等、災害対応に関する学習活動について、コロナ禍により対面での活動は制限されたことを受け、どのように変容したかについて、主にWebで公開されている情報をもとに事例を収集し、整理した。

また、東日本大震災以降、防災教育の重要性が広く認識されたが、学校等では、体系的な防災学習はほとんど行われておらず、外部講師による授業が広く行われている。一方、小学校及び中学校のそれぞれの単元では、災害や防災等について個別の紹介がされている。そのため、小中学校の各教科の中で災害や防災、またそれらとインフラの関わりが、どの単元でどのように扱われているかを調査し、外部講師が学校等で防災学習を展開するにあたり参考となる資料として取りまとめた。調査対象は、関連する記述があると想定される、生活、社会、理科、家庭、技術、保健とし、つくば市の小中学校で使用されている教科書とした。

#### 2. 災害対応学習ツールのオンライン活用の検討

既存の災害対応学習ツールのオンライン学習での活

用可能性とその効果について、水管理・国土保全局防災課及び国総研が制作した防災カードゲーム「このつぎになにがおきるかな？」を用いて検討した。

熊本県の中学校（1～3年：参加者195名）を対象にオンライン会議システムを用いた防災講話を実施した後に、本カードゲーム（じしん編）を体験してもらい、防災に関する認識の変容について効果計測を行った。効果計測では、実施数日前とカードゲームの体験直後に、「防災クイズ」として、カードゲームで扱った防災行動等のアンケートを実施した。

#### 3. 災害対応学習ツールの作成

2. の検討結果よりカードゲーム等の学習ツールがオンライン学習においても有効であることを受け、防災カードゲーム「このつぎになにがおきるかな？」の改定版を作成した。

改訂版ゲームの作成では、まず、1. で整理した各教科の中で災害・防災やインフラの関わりを踏まえ、防災学習として身につけて欲しい防災の認識・知識と災害対応ストーリーを取りまとめた。

### 【研究成果】

#### 1. 防災に関する学習活動に関する現状整理

「自然災害や防災に関するセミナーやワークショップ、学校等の授業」では、コロナ禍を踏まえ、動画配信や教材のダウンロードによる学習、オンライン会議システムを用いた双方向の学習へと実施方法が変容したものが多く見られた。

それぞれの特徴としては、動画配信等では、特段の機材を準備する必要がなく、HP等を通じて広く学習できるメリットがあるものの学習効果の確認が比較的困難となる課題がみられた。一方、オンライン会議システムを用いた双方向の学習では、学習効果の確認がしやすいだけでなく、チャット機能等を活用することで、説明中もその都度質問ができるメリットもあることがわかった。また、事前に学習内容の共有がされていることでより効率的な学習となることがわかった。

一方、「地域等が実施する防災活動」に関しては、コロナ禍においてもオンライン形式等に移行したケースは少なく、マスク着用や密回避等の感染対策を行った上で従来通りの対面での防災活動を実施する事例が多くみられた。これは、オンライン形式では、「参加者の防災の認識の醸成等の防災活動の目的が達成できない」という考えや、活動主体である自主防災組織等では「リモート機材が整っていない」、「機材を使いこなす人材が少ない」等が理由となっていた。

また、小中学校の各教科における災害や防災及びインフラとの関係では、インフラに関する直接的記述（道路や河川の施設や構造物等）に加え、インフラ及び防災に関係が深い「地形」、「気候」、「自然災害」について記述を抽出し、「教科書におけるインフラ及び防災の扱い整理表」として取りまとめた。各記載内容の要約を表-1に示す。

教科書での取り扱いの一事例を示す。5年生の「流れる水と変化する土地」の単元では、洪水等に備える施設として、「多目的遊水地」、「地下調整池」、「砂防ダム」等が写真を用いて掲載されていた。

これらの記述は、それぞれが単体で紹介されていることから、施設の連関等を補足することで、集水域から氾濫域にわたる流域関係者が一体となった「流域治水」についての説明が可能となり、インフラと防災との関係の体系的な理解を促すことが可能となる。

## 2. 災害対応学習ツールのオンライン活用の検討

カードゲームによる防災に関する認識の変容結果を表-2に示す。特に、従前の認識の誤り（設問6）、災害時の関連を意識したことが無い（設問9）といった事象に対して、適切な認識への変容の効果が認められた。

なお、この結果は、対面で実施した同様の調査とほぼ同じ傾向を示しており、オンライン学習でも適切な防災の認識醸成を図ることができた。また、本オンライン学習を実施するにあたっては、事前に現地中学校の先生へゲームの進め方等について説明し、当日はファシリテーターとしての支援を頂いた。これらの対応も上述の結果につながったと考えられる。

表-1 教科書におけるインフラや防災の扱い（要約：小学校）

教科	学年	“インフラの扱い”に関する要約内容
生活	1年	「学校や街の散策」の単元で、防災倉庫や避難所看板の写真を掲載。「地震及び豪雨時における自分の身の守り方」をイラスト付きで紹介。
	2年	
社会	3年	「わたしたちのまち みんなのまち」、「市のうつりかわり」の単元で、インフラに関わる内容が掲載されているが、説明記述はあまりなく、写真が多い。
	4年	
	5年	「私たちの国土」の単元で、地形の特徴（川の様子等）や自然災害について学び、自然災害に関連するインフラ施設として、その説明記述と写真を掲載。
	6年	「政治・国際」及び「歴史」について学ぶ「わたしたちの生活と政治」の単元で、震災関連の写真を掲載。
理科	4年	「雨水のゆくえ」、「ものの温度と体積」の単元で、実例として、河川の構造、排水性舗装、橋のジョイントに関する説明記述及び写真等を掲載。
	5年	「天気と情報」、「流れる水のはたらきと大地の変化」の単元で、インフラに関連する自然災害の写真を掲載。
	6年	「大地のつくりと変化」の単元で、インフラに関連する地盤調査や自然災害についての説明記述及び写真等を掲載。
家庭	5～6年	「あなたは家庭や地域の宝物」の単元で、「家族で防災会議」という説明記述を掲載。

表-2 オンラインで実施した防災カードゲームの効果（抜粋）

	1. 家具は、地震の揺れで、倒れてくる	2. ブロック塀は、地震の揺れで、倒れてくる	6. 料理中に地震を感じたら、すぐ火を止める	8. 地震の後、水が使えなくなる	9. 地震後は、店から品物が無くなる
正解	○	○	×	○	○
事前正解者	99.0%	92.8%	8.7%	84.6%	68.2%
事後正解者	99.0%	98.5%	53.3%	92.8%	93.3%
増加率	0.0%	5.6%	44.6%	8.2%	25.1%

## 3. 災害対応学習ツールの作成

改訂版の防災カードゲームを作成するにあたり取りまとめた、防災の認識・知識と災害対応ストーリーを表-3に示す。本ストーリーを元に「すいがい」、「つなみ」、「どしゃさいがい」編は、現行のカードゲームを改訂し、新たに「たいふう」編を製作した。なお、「じしん」編については、製作当初より、これらを踏まえて作られていたことから、現行のままとした。

また、2. で得られた防災カードゲームをオンライン学習で活用する際の流れ等を手順書として取りまとめた。

### 【成果の活用】

改訂版「防災カードゲーム」及び「教科書におけるインフラ及び防災の扱い整理表」については、オンラインのみならず対面でのアウトリーチ活動等に活用可能であることから、様々な災害対応の学習場面等で活用していく。

表-3 作成したカードゲームのストーリー（たいふう編抜粋）

身に付けて欲しい防災の認識・知識	災害対応ストーリー			
	A	B	C	そうならないために
①浸水リスクの把握 ③事前の避難行動	台風の進路は	ある程度、予測できるから	前もって準備することができるよ	家族で話し合い、マイタイムラインを作成しよう
②事前の強風対策	強い風が吹くと	家の外にある物が風に飛ばされ	周りの家を壊してしまふことがあるよ	風で飛びやすいものは、家の中に片づけよう
③事前の避難行動	台風が接近する直前に	避難準備をすると	準備が間に合わないことがあるよ	台風が来るまでに、必要なものを確認しよう
③事前の避難行動	台風が近づくと	たくさんの方がひなんに集まるので	周りに配慮して過ごす必要があるよ	どこに避難するか家族で事前に話し合おう
④台風接近時の安全確保	台風が通り過ぎた後でも	倒れそうな木や、電線に触ると	けがをすることがあるよ	倒れそうな木やぶらさがった電線に近づかないようにしましょう

# 災害時調査支援のための道路管理技術の高度利用に関する調査

## Study on enhanced use of road management technologies for disaster investigation support

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

道路構造物研究部 Road Structures Department	部長 Director	福田 敬大 FUKUDA Yukihiro
道路構造物研究部 道路地震防災研究室 Road Structures Department Earthquake Disaster Management Division	研究官 Researcher	梅原 剛 UMEBARA Takeshi

When a large-scale disaster occurs, the damage is enormous, the distribution is wide, and it may take a lot of time to grasp the damage situation. Therefore, for the purpose of quickly grasping the damage situation of road facilities due to earthquakes, heavy rain disasters, etc., an efficient method of grasping the damage situation using road management technology and remote sensing technology is studied in cooperation with a national highway office.

### 〔研究目的及び経緯〕

地震や豪雨等による大規模災害が発生すると、被災が甚大で広範囲にわたる場合や夜間など、被災状況の把握に多大な時間を要することがある。そこで地震や豪雨災害等による道路施設の被災状況の迅速な把握を目的として、現在用いられている道路管理技術に加え、リモートセンシング技術（以下、道路管理技術等という。）を活用した災害時の調査支援の検討を行っている。

昨年度までは、道路管理技術等の活用条件の整理や自動航行 UAV を活用した海岸部の道路被災状況把握精度の確認及び課題の整理を行ってきた。

本年度は、主に平地及び山間部での夜間の道路上の被災状況把握精度の確認を目的として、赤外線カメラ及びレーザスキャナを装備した自動航行 UAV の現場飛行実験を行った。

### 〔研究内容〕

現場飛行実験は、現在通行止めとなっている石川県加賀市の防風林の中にある片側一車線、道路延長 1km 程度の片野町市道（図-1）及び九谷ダム左岸の市道で実施した。実験では、路面が土砂に覆われた状況や路面障害物等を想定した模擬被災事象（図-2）を片野町

市道に再現するとともに、九谷ダム左岸市道の路面亀裂（幅 1～8cm）、ガードレールの損傷等の事象を用いて、昼夜の道路被災状況把握精度の確認を行った。

なお UAV は、飛行速度 5m/s で道路からの離隔 30m（平時の航空法上の第三者又は物件との最低離隔）、飛行高度 30m での飛行とした。飛行機種は、DJI 社の Matrice300RTK を使い、昼間は解像度 1920×1080（動画）のカメラを、夜間は赤外線カメラ（解像度：640×512（動画））やレーザスキャナ（Zemuse L1）を装備した。

### 〔研究成果〕

#### 1. 平地及び山間部における被災状況把握（昼間）

航空法の規定から、道路上の被災箇所にもっとも近寄った位置（高度 30m、離隔 30m）での撮影を実施した場合、昨年度の海岸部での実験同様、数十 cm 程度のブロックまでの確認は可能であった。また、LTE 回線を用いたりリアルタイム配信映像では、平地部であったこともあり、電波状況は昨年度と比べ良好であったが、場所により配信が不鮮明となる状況が発生した。本結果より、通信状況は同日であっても時間帯や回線の混み具合等により電波速度等の影響を受けることから、リアルタイ



図-1 現場飛行実験場所（片野町市道）

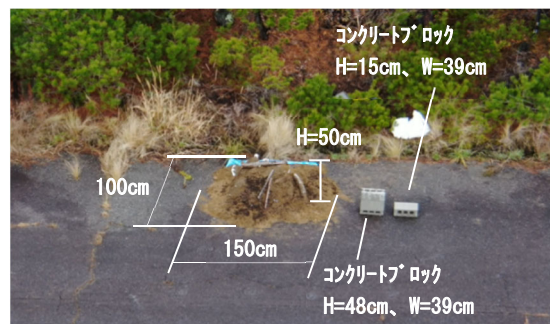


図-2 模擬被災事象（片野町市道）の一例

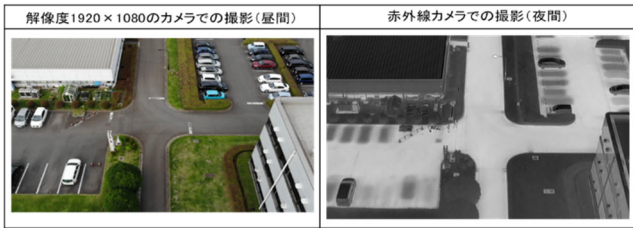


図-3 赤外線カメラ映像 (研究所敷地内での試験)

ム映像配信のためには、衛星通信や国交省所有の光ファイバーの活用、UAV 専用帯域の整備等に関する検討を行い、災害時にも安定した通信体制を確保することが望ましい。一方で、リアルタイムにこだわらず、UAV の離着陸場に通信機器を設置し、そこから UAV の撮影映像を展開する手法など、代替案の検討も必要と考えられる。

## 2. 夜間における被災状況把握

### (1) 赤外線カメラによる被災状況把握

現場飛行実験の実施に先立ち、研究所敷地内で夜間、試験的に赤外線撮影を実施した結果、構造物等が鮮明に映ることが確認できた(図-3)。しかし加賀市での実験では、悪天候(曇り時々雨)の影響で、道路と周辺土砂等との温度差が小さかったこともあり、5m/sの飛行では、人物、車両のみの確認しかできなかった。一方、現場上空で停止(ホバリング)することで、模擬被災事象の路面に覆われた土砂やガードレールの損傷は確認できた(図-4、図-5)。

結果を踏まえ、気象条件により、道路被災箇所の視認性が大きく変化することが明確となったことから、今後、夜間時の赤外線カメラの効果的な活用方法(例えば、効果的な撮影時期、撮影地域、撮影対象物、大気温度等)の検討が必要であると考えられる。

### (2) レーザスキャナによる被災状況把握

レーザスキャナを用いて取得した点群から変換した3D画像を図-6、図-7に示す。なお3D画像は、装着スキャナ内に蓄積した処理データを現地のノートパソコンで表示したものであり、蓄積データ取得後、数分程度で表示できる。

今回の実験では、数cm程度の路面亀裂の確認は困難であった(図-6)。一方で、図-7に示すように、赤外線カメラの映像同様、人物や車両、ガードレールの損傷状況の確認は可能であった。模擬事象は、3D画像の角度を変化させることにより、路面に何らかの障害物が存在していることは確認できたが、土砂かコンクリートか、といった材質の判断は難しかった。また、そもそも対象物が、災害時に新たに発生したものかどうかの判断をするためには、事前に平時のデータを取得しておく必要があることがわかった。

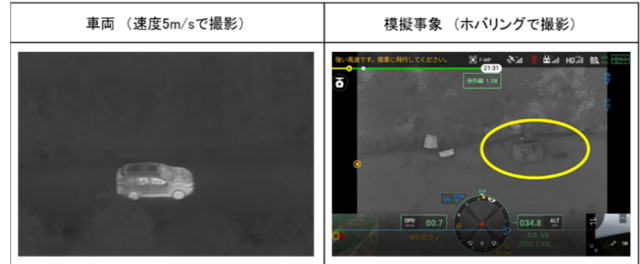


図-4 赤外線カメラ映像 (片野町市道での実験)



図-5 ガードレールの損傷 (ホバリング撮影)

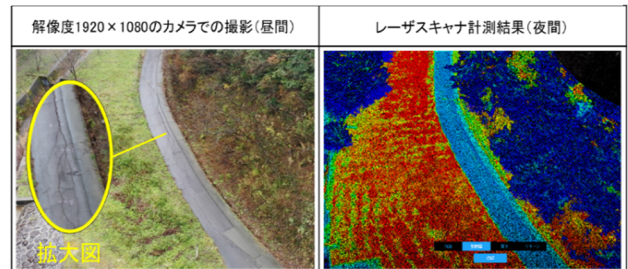


図-6 道路路面の亀裂

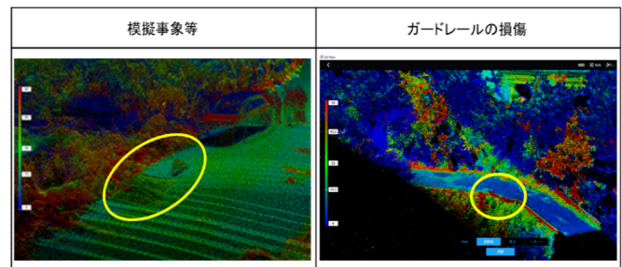


図-7 レーザスキャナ計測結果

最後に、本実験を通じて、夜間飛行では周囲の障害物等が全く見えない場所もあり、安全に飛行させるには、事前にコース設定した自動航行技術が有効であることが明らかとなった。

### 【成果の活用】

実道での昼夜間の飛行実験を行うことで、UAVの実運用に向けての課題の抽出や活用方法の提案を行うことができた。本研究の成果はUAVの活用方法の事例として技術資料にとりまとめ、道路の危機管理・災害対応に関する技術基準類に反映していく予定である。

## スペクトル分析情報の社会実装に関する研究

Study on practical realization of "Earthquake Spectrum Analysis Information"

道路構造物研究部  
道路構造物研究部 道路地震防災研究室

(研究期間 令和3年度～令和4年度)  
部 長 福田 敬大  
主任研究官 長屋 和宏  
研 究 官 川嶋 祥之

### [研究目的及び経緯]

国総研では、地震発生直後の情報空白期の情報提供を目的として、「スペクトル分析情報」を災害対応従事者に配信している。「スペクトル分析情報」は、インフラ構造物等の被害と相関が高いとされる周期1～2秒の地震動強さに着目して既往地震の記録より作成した「被害発生ライン」と地震発生直後に得られる強震記観測録を比較評価することでインフラ構造物等の被害の発生とその規模を推定するものである。

令和3年度は、より精度の高い情報配信を目的に気象庁観測データ（全国約750箇所）を追加して観測密度を向上させたことから、被害発生の評価に用いる「被害発生ライン」の再評価を行った。さらに、より分かりやすく、活用しやすい情報とする改良を実施するとともに本情報を配信している災害対応従事者へのアンケートを行い、その効果が確認された。

## 動的耐震照査法の信頼性向上に関する調査

Study on reliability improvement of dynamic seismic verification method

道路構造物研究部  
道路構造物研究部 道路地震防災研究室

(研究期間 令和3年度～令和5年度)  
部 長 福田 敬大  
研 究 官 石井 洋輔

### [研究目的及び経緯]

橋の耐震設計は、橋全体を構成する部材の耐荷性能を動的な解析で照査することが一般的である。道路橋示方書・同解説に示される動的耐震照査に用いる設定値は、不確実性を踏まえて安全余裕を考慮して設定しているものが存在し、設定値の説明性や、照査手法の信頼性のさらなる向上が求められている。それらを踏まえ、本研究では、所要の信頼性を合理的に満たすことができるような動的耐震照査法を検討している。

本年度は、科学的な根拠に基づいて現行基準で示される設定値を検証するため、実測した橋全体系の挙動観測データを用いて、橋全体系の詳細な挙動や橋の振動特性を算出した。その結果、観測記録から算出された振動特性は、現行の耐震設計で用いている振動特性の設定値と大きく異なることがわかった。

## 道路災害リスクマネジメントに関する調査

Research on road risk management

道路構造物研究部  
道路構造物研究部 道路地震防災研究室

(研究期間 令和2年度～令和4年度)  
部 長 福田 敬大  
研 究 官 川嶋 祥之

### [研究目的及び経緯]

統一的な性能水準に基づいた道路ネットワークを構築し、平常時でも大規模災害時でも交通機能を確保するために道路の性能を評価する必要がある。

そのため、道路管理へ影響を及ぼすリスクの類型化・評価およびそれらを可視化する手法等を検討している。

今年度は道路構造物等のリスク評価手法の検討のため、直轄国道における過去の通行止めの記録を収集し、通行止めの要因となった災害の種別とその割合を整理した。また、通行止めの時間と路線の道路構造等の相関分析を行い、車線数や道路幅員、道路周辺の土地利用等が通行止めの時間に影響を与えることがわかった。



## 冬期道路管理を踏まえた降雪予測情報に関する調査

Study on snowfall forecast information based on winter road management

道路構造物研究部  
道路構造物研究部 道路地震防災研究室

(研究期間 令和元年度～令和4年度)  
部 長 福田 敬大  
主任研究官 長屋 和宏

### [研究目的及び経緯]

近年の集中的な大雪時に備え、道路管理者は広域で連携し、除雪体制を強化すること等が検討されている。広域連携による除雪体制の構築にあたっては、除雪機械の移動等を考慮した十分なリードタイムを持った精度の高い路面積雪量の推定が求められる。本研究は、判断時点で取得可能な気象予測情報等を用いた、路面積雪量の推定手法を開発するものである。

令和3年度は、路面積雪量と気象状況の関係を明らかにするため、舗装路面の積雪量と周辺の気象状況および路面温度等の観測を国道48号作並除雪ステーションにて実施した。

さらに、これらの気象データを用いて過年度に概成した路面積雪予測手法の精度検証を行うとともに、各段階における気象予測情報を用いた積雪予測値の再現検証を行った。

## 河川施設における強震計点検調査

Observation of strong ground motion at river facilities

道路構造物研究部  
道路構造物研究部 道路地震防災研究室

(研究期間 昭和53年度～)  
部 長 福田 敬大  
研 究 官 石井 洋輔

### [研究目的及び経緯]

国土交通省では、公共土木施設の耐震設計技術の向上などを目的とし、全国の堤防、堰などの河川構造物等において強震観測を行ってきており、これまでに実際に発生した地震にて多くの観測記録が得られている。これらの観測記録は河川構造物の耐震性能照査指針などをはじめとした各種設計基準に反映され、構造物の耐震設計技術の向上に寄与するとともに、ホームページなどを通じて情報提供がなされてきた。

本年度についても、これまでと同様に強震観測を継続・維持していくために、強震観測施設の点検を行い、必要に応じて補修を行い、観測された強震記録の整理、蓄積を行った。