第１章　研究開発の成果の最大化

土木研究所は、第 5 期中長期目標において、国土交通大臣および農林水産大臣から、将来も見据えつつ社会的要請の高い課題に重点的・集中的に対応する研究開発に取り組むことが指示されている。

また研究開発にあたっては、研究開発課題と研究開発以外の手段（技術の指導や成果の普及等）を必要に応じてまとめた研究開発プログラムを構成して、これを効果的かつ効率的に進めることが求められている。

そこで土木研究所では、表-1 に示す 15 の研究開発プログラムを構成した。また、これらの研究開発プログラムを効果的かつ効率的に推進することにより、研究開発成果の最大化を図ることとした。

表-1　第 5 期中長期計画の 15 の研究開発プログラム

3 つの目標	研究開発プログラム
1. 自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献	(1) 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発
	(2) 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発
	(3) 極端化する雪氷災害に対応する防災・減災技術の開発
	(4) 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発
2. スマートで持続可能な社会資本の管理への貢献	(5) 気候変動下における継続的な流域及び河道の監視・管理技術の開発
	(6) 社会インフラの長寿命・信頼性向上を目指した更新・新設に関する研究開発
	(7) 構造物の予防保全型メンテナンスに資する技術の開発
	(8) 積雪寒冷環境下のインフラの効率的な維持管理技術の開発
	(9) 施工・管理分野の生産性向上に関する研究開発
3. 活力ある魅力的な地域・生活への貢献	(10) 気候変動下における持続可能な水資源・水環境管理技術の開発
	(11) 地域社会を支える冬期道路交通サービスの提供に関する研究開発
	(12) 社会構造の変化に対応した資源・資材活用・環境負荷低減技術の開発
	(13) 快適で質の高い生活を実現する公共空間のリデザインに関する研究開発
	(14) 農業の成長産業化や強靭化に資する積雪寒冷地の農業生産基盤の整備・保全管理技術の開発
	(15) 水産資源の生産力向上に資する寒冷海域の水産基盤の整備・保全に関する研究開発

第１節　研究開発

土木研究所の評価は、中長期目標策定時に設定された評価軸（※1）を基本とし、評価・評定の基準として取り扱う指標（評価指標）と、正確な事実を把握するために必要な指標（モニタリング指標）により行われる（※2)。中長期目標に示されている本節の評価軸・評価指標、および評価指標に対する目標値およびモニタリング指標は以下のとおりである。

（※1)「独立行政法人の目標の策定に関する指針」（総務省　平成 26 年 9 月策定）
（※2)「独立行政法人の評価に関する指針」（総務省　平成 26 年 9 月策定）

１　自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献

（１）　評価指標

表-1.1.1.1　「自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献」の評価指標および目標値

主な評価軸	評価指標		目標値	令和 6 年度
成果・取組が国の方針や社会のニーズに適合しているか	土木研究所に設置された評価委員会により、妥当性の観点、社会的観点、生産性の観点、研究開発成果の最大化の観点（他機関との連携、成果の普及・行政への技術的支援、国際貢献）について、総合的な評価を行う。		B 以上	A
成果・取組が社会的価値の創出に貢献するものであるか				A
成果・取組が生産性向上・変革に貢献するものであるか				A
研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされているか				S
		＜他機関との連携＞ 〇共同研究件数	28 件以上	7 件
		＜成果普及・行政への技術的支援＞ 〇講演会・説明会等の聴講者数（WEB 参加者含む）	4,300 人以上	12,562 人
		〇技術基準類への成果反映数	5 件以上	2 件
		＜国際貢献＞ 〇国際的委員会等への参画者数	3 人以上	8 人

（２）　モニタリング指標

表-1.1.1.2　「自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献」のモニタリング指標

主な評価軸	モニタリング指標	令和 6 年度
研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされているか	招へい研究員の全数	1 人
	交流研究員受入数	16 人
	競争的資金等の獲得件数	31 件
	現場調査実績	158 件
	技術資料の策定・改定数	1 件
	論文・雑誌等の発表数	347 件
	施設見学者数等	2,013 人
	技術支援実績	228 件
	災害支援実績	19 件
	委員会・研修講師派遣数	442 件
	国際会議での講演数	14 件
	国際協力機構や政策研究大学院大学と連携した修士・博士の修了者数	16 人
	国際協力機構等と連携した研修受講者数	92 人

（３）　外部評価委員会で評価された主要な成果・取組

表-1.1.1.3 「自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献」の主要な成果・取組

評価軸	令和 6 年度の主要な成果・取組
成果・取組が国の方針や社会のニーズに適合しているか	**研究開発プログラム(1) 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発** ・洪水時の被害の拡大要因となる土砂と流木の移動について、水・土砂・流木の水理解析モデルを構築、一定程度の再現性を確認した。今後は公開した水理解析モデルの解析精度を高めることで、洪水ハザードマップ等の手引きに反映させるなど、市民の安全への貢献が期待。 ・堤防の延長方向の安全性評価には堤体や基礎地盤の土質の不均質性・不確実性が課題。土質定数の空間確率モデルを構築、浸透流解析と深層学習を介して破壊確率（動水勾配≧0.5）の縦断図を作成。出水経験等を活用した信頼性向上により、今後、水害リスクラインへの活用が期待。 **研究開発プログラム(2) 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発** ・観測の難しい土石流について、火山地域では世界初の 3 次元 LiDAR 計測に成功。昼夜を問わず観測可能であり、高精度な土石流解析やハザードエリア設定、対策工の設計等への貢献が期待。 **研究開発プログラム(3) 極端化する雪氷災害に対応する防災・減災技術の開発** ・北海道日本海沿岸の地震・津波の被害想定・対策が求められる中、複雑な河氷を伴う津波の被害想定の簡易手法を開発。地方自治体が求める地震・津波対策に貢献。 **研究開発プログラム(4) 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発** ・大地震後の橋梁の安全性確保の対策として、実大ゴム支承に地震動相当の繰返し載荷試験を国内で初めて実施。支承の耐久性を確認し、今後の地震対策設計に活用可能な知見を得た。 ・地震による道路盛土崩壊の再発防止を目的に、令和 6 年能登半島地震で被災した盛土内の車両から回収したドライブレコーダー映像を用いて崩壊メカニズムを検証した。世界初の実証的検証により、盛土の設計や被害軽減策への活用が期待。 ・既往の液状化評価手法では過度に安全側となり判定精度が課題であったが、原位置試験法である振動式コーン試験法により、地盤反力度と先端抵抗の関係から液状化強度の高精度な評価手法構築に道筋をつけた。液状化リスクの定量評価や合理的な地盤設計への貢献が期待。
成果・取組が社会的価値の創出に貢献するものであるか	**研究開発プログラム(1) 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発** ・予測困難な線状降水帯を衛星マイクロ波放射計から得られるデータを解析モデルに取り込むことで、流域雨量の解析値の精度改善を実現し、ダムの事前放流を判断するために必要な数日前の洪水予測の精度向上に向け有用な知見を得た。 **研究開発プログラム(2) 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発** ・災害対応の効率化に向けて、クラウドベースの BIM/CIM モデルを用いた実証実験を能登復興事務所と実施し、令和 6 年 9 月能登豪雨前後の比較により被災状況把握と情報共有が容易となり、効率的で迅速な災害対応に有効なことを確認。詳細な現地状況を関係機関で共有可能となり、警戒避難体制や緊急対策の検討の迅速化に貢献。 **研究開発プログラム(3) 極端化する雪氷災害に対応する防災・減災技術の開発** ・道路上の視程推定手法の素案を提示し吹雪視程予測システムの試作版を構築、試運用を実施。「躊躇ない通行止め」への判断支援により、暴風雪災害時の被害軽減への貢献が期待。

評価軸	令和 6 年度の主要な成果・取組
	研究開発プログラム(4) 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発 ・現行の道路橋示方書で標準としては規定が示されていない異種異径の組杭にも適用可能な群杭効果評価手法を提案した。現行基準外構造への合理的な設計への貢献が期待。 ・道路盛土の基礎地盤の泥炭層の振動特性を定量的に評価するため、遠心力載荷模型実験を実施し、泥炭地盤の共振特性を把握したことから、盛土の効果的な耐震対策の検討を可能とした。
成果・取組が生産性向上・変革に貢献するものであるか	**研究開発プログラム(1) 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発** ・台風性豪雨の将来予測は、必要なモデル解像度と計算資源が課題であり、適切なモデル解像度を検討。将来気候データベース（d4PDF）の解像度（5km）で再現性を確認。高解像度モデル計算が不要となる可能性が明らかになり、流域治水対策検討のコスト削減に貢献が期待。 ・不確実性の高い衛星観測の降水情報であっても、観測された積雪面積や流量で校正された水循環モデルを用いれば、「降雪量」も推定することが可能となり、融雪流出量についても推定精度が向上することを示した。積雪寒冷地域の流域治水関連施策への貢献が期待。 **研究開発プログラム(2) 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発** ・従来、現地調査による落石斜面の点検作業は安全性や変状の定量評価が課題。斜面点検マニュアル（案）に UAV による点検時期や形状変化の調査・解析手法を反映することで、道路管理者が実施する落石斜面点検の省力化と高精度化への貢献が期待。 **研究開発プログラム(3) 極端化する雪氷災害に対応する 防災・減災技術の開発** ・暴風雪・大雪時の災害デジタルアーカイブを活用して、災害対応や留意事項等を提示するシステムを開発。将来的に効率的・効果的な道路管理への貢献が期待。 ・道路防雪林における現地調査とシミュレーション結果に基づき性能評価モデル案を作成。機能低下が見られる防雪林に対し補助柵導入が有効であることを確認。効率的・合理的な防雪林の造成や維持管理、防雪効果の長寿命化への貢献が期待。 **研究開発プログラム(4) 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発** ・道路盛土の耐震性評価に必要な地下水位把握には従来ボーリングが必要であったが、レーダーによる新手法を開発したことで、効率的に地下水位の空間分布を把握可能となり、盛土構造物の耐震評価・設計の高度化に貢献。
研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされているか	**研究開発プログラム(1) 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発** ・国際洪水イニシアチブ（IFI）プラットフォーム活動支援を通じて、ICHARM が提唱する「知の統合の実現」、「ファシリテータの育成」、「End-to-End のアプローチ」の理念に基づく取組を各国で実践。 ・2007 年から継続的に博士修士を 215 名輩出し、卒業生は日本との架け橋に大きく貢献。また、アフリカの水防災に関する支援に向けた準備を進めるとともに、国際会議でも重要な役割を果たした。 **研究開発プログラム(2) 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発** ・大雨や地震により発生した土砂災害に対し、直後の災害調査により警戒避難体制等の助言を行うとともに、対策計画の検討において地方自治体や地方整備局・直轄事務所に継続的な技術支援を行うことで、被災地の早期復旧に貢献し、「令和 6 年防災功労者内閣総理大臣表彰」ならびに「令和 6 年国土交通大臣表彰（緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）表彰）」を受賞。

評価軸	令和 6 年度の主要な成果・取組
	研究開発プログラム(3) 極端化する雪氷災害に対応する 防災・減災技術の開発 ・河氷による家屋等の被害程度を、津波浸水データ等から簡便に推定する手法を開発し、北海道庁の WG にて採用。研究成果を速やかに社会実装し、河氷を伴う津波による被害想定の簡易な把握を可能とすることに貢献。 ・道路の「吹雪の視界情報」での吹雪視界予測情報提供、SNS 発信、NHK ワールド JAPAN における研究成果の全世界への発信や吹雪・雪崩災害に関する取材対応などの普及啓発活動により、暴風雪災害の被害軽減や成果普及に貢献。 **研究開発プログラム(4) 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発** ・令和 6 年能登半島地震における道路被害の復旧のための「令和 6 年能登半島地震道路復旧技術検討委員会」に委員として参画し、仮設構造物の活用や排水対策の必要性、速やかな機能回復のための構造的工夫など、被災箇所ごとに具体的な復旧方針・復旧工法について技術支援を行った。 ・地震災害時の盛土のり面崩壊リスクが顕在化し、適切な点検手法が求められた中で、能登地震の知見をもとに、全国の盛土のり面点検要領を策定し、現場における盛土点検の要点の明確化などにより技術支援を行った。 ・貯蔵開始後 30 年以内に県外最終処分が必要な福島県内の中間貯蔵除去土壌について、環境省が実施する復興再生利用の推進に向けた道路盛土の実証事業に土研の物理探査技術を活用、実証盛土の道路用途への適用性の検証に貢献。実証事業の成果により戦略目標期間内に復興再生利用にかかるガイドラインが策定され、国を挙げての復興再生利用に道筋がついた。 ・高規格堤防の設計基準改定にあたり、土研の知見を基にレベル 2 地震動に対する耐震性能の照査手法が明確化され、これにより設計の合理性が向上し、地震時における高規格堤防の信頼性向上と沿岸地域の防災・減災に貢献した。

（４）内部評価および外部評価委員会での評価結果

表-1.1.1.4 「自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献」の
内部評価および外部評価委員会での評価結果

評価軸	研究開発プログラム	内部評価	外部評価委員会分科会	外部評価委員会
成果・取組が国の方針や社会のニーズに適合しているか	（１）	A	A	A
	（２）	A	A	
	（３）	A	A	
	（４）	A	A	
成果・取組が社会的価値の創出に貢献するものであるか	（１）	A	A	A
	（２）	B	A	
	（３）	A	A	
	（４）	A	A	
成果・取組が生産性向上・変革に貢献するものであるか	（１）	A	A	A
	（２）	B	B	
	（３）	A	A	
	（４）	A	A	
研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされているか	（１）	A	A	S
	（２）	S	S	
	（３）	A	A	
	（４）	S	S	

研究開発プログラムの実施

１．水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発

■　目的

地球温暖化の顕在化により、各地でこれまで経験したことのないような豪雨による水災害が増加しており、IPCC では、将来に向けて水災害のさらなる激甚化を示唆している。このため、国土交通省では、河川整備だけでなくあらゆる関係者が協働して流域全体で行う「流域治水」を打ち出しているところである。この流域治水の推進のためには、洪水等外力規模を見極め、流域の各主体が協働して、氾濫をできるだけ防ぐ、被害対象を減少させる、被害の軽減や早期復旧・復興を総合的かつ多層的に取り組むことが必要であるとともに、流域の関係者全員による水防災への参画・協働を促す技術・情報・仕組みの構築が課題である。本研究開発プログラムでは、この課題を解決するための技術開発を行うことを目的とする。

■　貢献

将来の水災害外力の適切な想定、氾濫をできるだけ防ぐ対策、被害対象を減少させる対策、被害が発生した場合でも致命的とならず速やかに復旧・復興する対策に資する技術開発を行うことで、気象現象が極端化し、経験のない水災害の発生が予見される将来において、持続的な社会・経済活動の実現に貢献する。

■　達成目標および令和６年度に得られた成果・取組の概要

①　将来の洪水等水災害外力の想定技術の開発・高度化

中小流域や地形の複雑な個所での将来の降雨量変化を、的確に推定・評価できる手法開発のため、高解像度の力学的ダウンスケーリング方法による降雨推定結果の感度分析を行った。利根川水系を対象に、令和元年東日本台風に伴う豪雨を再現計算した結果、昨年度は山岳域を含む上流域でモデル解像度依存性が大きくなったが、今回、スペクトルナッジング手法を適用したところ解像度依存性はほぼなくなり、台風性豪雨では解像度依存性が小さいことが明らかになった（図-1）。

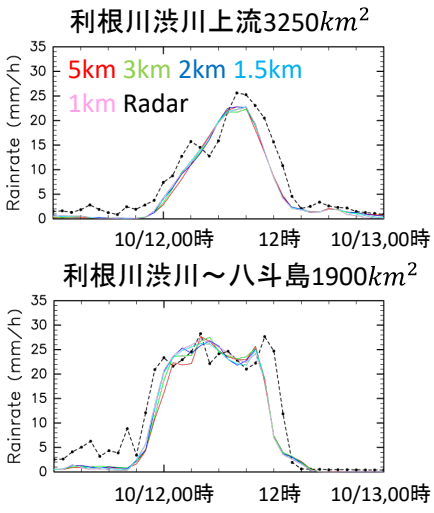


図-1　力学的ダウンスケーリング解像度依存性（折れ線の色は解像度の違いを示しており、黒は観測値である。）

②　流域治水による取り組みを的確に評価・実現する手法の構築

気候変動の不確実性、波高の増大に対応した順応的な対策として、消波ブロック被覆堤において、天端幅拡幅のみで対策する工法を開発してい

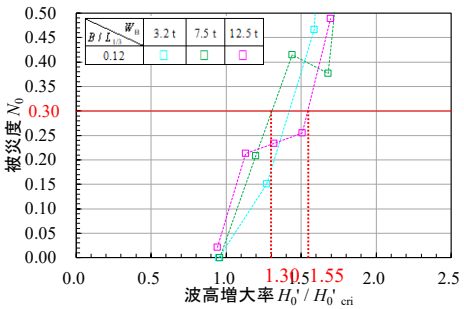


図-2　波高増大率と既設ブロックの被災度の関係

る。その工法において解決すべき、既設ブロックの安定性に関する検証を行った結果、3 割程度の波高増大に対しては、設計上許容される被災度（0.30）内に収まることを確認した（図-2）。また、融雪期の河川流量予測等のため、高標高地域の降雪・積雪・融雪量を考慮できる水循環モデルを開発した。衛星観測積雪域と計算積雪域の傾向が概ね一致し、融雪期流量の再現精度向上が期待できる（図-3）。さらに、線状降水帯を対象に、WRF-LETKFの改善と衛星マイクロ波放射計データ同化による降水量の再現性を改善した。

③ 適切な洪水氾濫リスク評価手法の開発

流域からの土砂・流木の流出を評価する降雨-土砂・流木流出(RSR)モデルを開発している。移流方程式を用いた流木の解析法のパラメータを決定するために水理実験を行い、流域全体の流木の解析を可能にした。RSRモデルを寺内ダム流域に適用した結果、水・土砂・流木の流出量を概ね評価できることが確認できたため、プログラムやマニュアルを一般公開した（図-4）。

④ 水災害に対する社会の強靭化を図る技術開発

堤防強化技術の一つである鋼矢板壁の設計体系の確立に向けて、浸透実験と再現解析を行った。矢板の変形によって矢板と地盤の間に隙間が生じ、隙間による土圧と水圧の変化が矢板の応力分布に影響を与えることを確認した。また、破堤口幅の推定式の提案を念頭に、破堤口幅に影響を与える支配的要素を明らかにするため、越水破堤事例等をもとに破堤口幅のほか河道特性、堤体形状や材料、洪水時の水理量を収集した。これより破堤口幅と関係性が大きい指標は特に河道内水理量であることが示された（図-5）。さらに、河川堤防の不均質性・不確実性を直接的に考慮した縦断方向に連続的な浸透安全性評価方法を新たに開発した。また、出水経験の度に、不均質性・不確実性に係るパラメータを更新し、徐々に不確実性を低減（評価の信頼性が向上）する方法も合わせて開発した（図-6）。

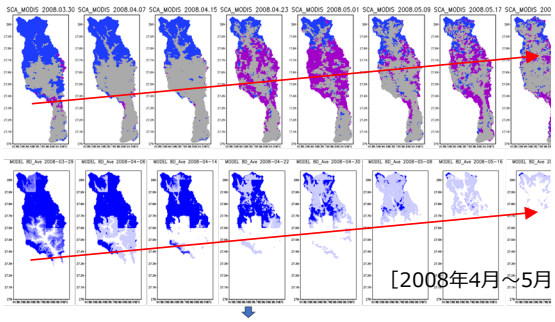


図-3　衛星観測から得られた積雪域（上段）と WEB-DHM-S が計算した積雪域（下段）

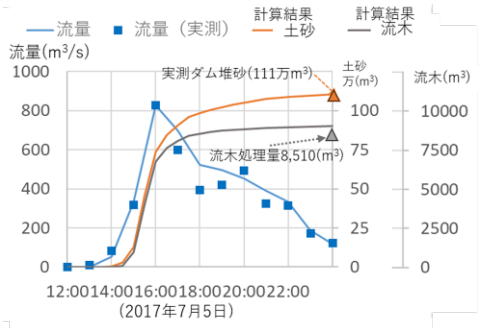


図-4　RSR モデルの寺内ダム流域への適用例（ダムデータと解析結果の比較）

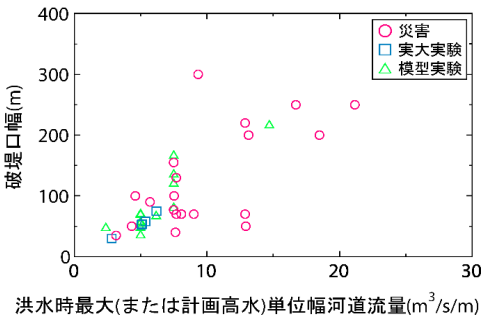


図-5　破堤口幅と河道単位幅流量の関係

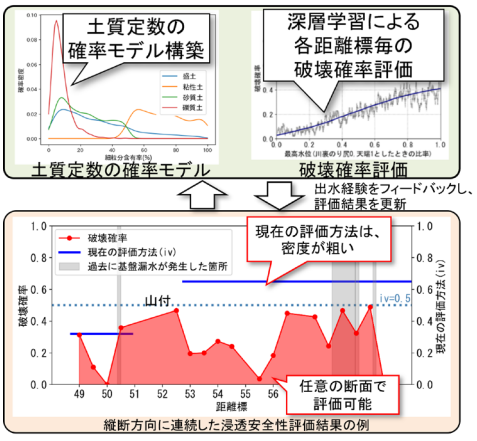


図-6　堤防の不均質性・不確実性を考慮した縦断連続的な浸透安全性評価方法

２．顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発

■　目的

激甚化・頻発化する豪雨、降雪、また切迫する火山噴火や大規模地震等の自然現象に伴い、これまで対策の進んでいない崩壊性地すべりや雪崩、これまで点検が困難であった自然斜面からの落石、大規模降灰後の土石流などの顕在化した土砂移動現象による土砂災害の深刻化が懸念されている。本研究開発プログラムでは、これらの土砂移動現象について、その危険箇所を抽出し、影響範囲を評価する技術開発することを目的とする。

■　貢献

技術開発においては、UAV、AI、BIM/CIM、ICT 等のデジタル技術等を活用して空間情報を作成し、数値解析等を行うことにより、緊急対策や事前対策の迅速・的確な実施に貢献する。開発した技術は、これまでハザードエリアの設定や事前対策、緊急対策が技術的に困難であった箇所の土砂災害対策の実施に貢献する。

■　達成目標および令和６年度に得られた成果・取組の概要

①　顕在化した土砂災害の危険箇所抽出手法の開発

土石流の現地観測において、三次元 LiDAR を活用し、時間的・空間的に分解能の高い土石流水面形状の計測に成功した（図-1）。また、観測データの分析手法の高度化に取り組んだ。そして、火山噴火時の土石流の流出・流下・氾濫計算を実施することを念頭に、UAV で計測した地形データなどのノイズ除去手法の検討を実施し、実際の状況を想定した技術開発を進めた。

UAV 自動航行で前回撮影時と同じ構図で斜面を撮影する方法や、写真から変換したオルソ画像の背景差分解析でより小さな落石発生箇所を抽出する方法、写真の SfM 解析で作成した地形モデルの差分から崩壊の形状と体積を把握する方法等を落石発生危険斜面の調査手法としてとりまとめ、岩盤斜面の崩壊発生部位を継続調査することで崩壊範囲の拡大が収まるまでの形状変化を把握できた（図-2）。

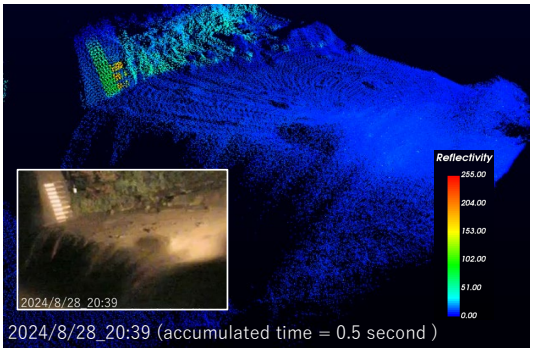


図-1　三次元 LiDAR による土石流計測

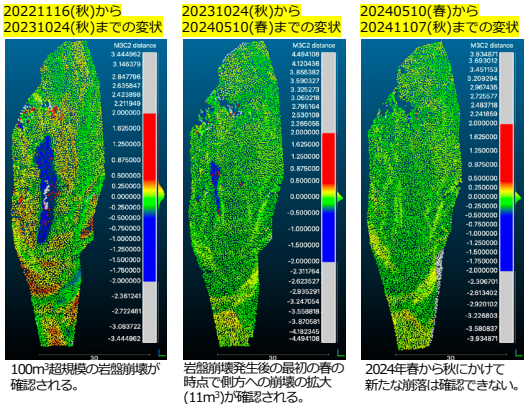


図-2　岩盤斜面の崩壊発生部位の形状変化

崩壊性地すべりについて、堆積岩地域で発生するタイプのメカニズム調査として、能登半島地震の斜面変動箇所の微地形判読及び現地調査を実施し、既往事例と共通的な地形・地質的特徴を把握した。また、テフラをすべり面とする崩壊性地すべりの発生しやすさに関わる要素として、広域的に取得可能な地形量、テフラ分布、テフラ年代を組合せた広域リスクマップを試作した。

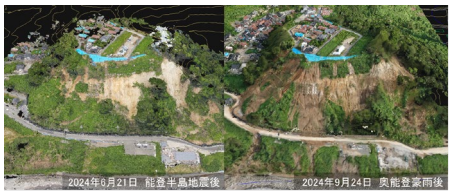


図-3　クラウド型 BIM/CIM モデルの被災前後の比較事例

② 緊急対応を迅速化するハザードエリア設定技術の開発

大規模噴火時の土石流シミュレーションの妥当性検証には、噴火後泥流の限られた事例のデータを数値計算で使える形で収集する必要がある。1977 年の有珠山噴火は災害実態の報告が多い稀な事例である。令和 6 年度は過去の空中写真から時系列的な 3 次元地形を作成した。地形データは生成できたが、空中写真の解像度に起因する河道などの地物表現、地殻変動などの影響除去に課題が見つかった。

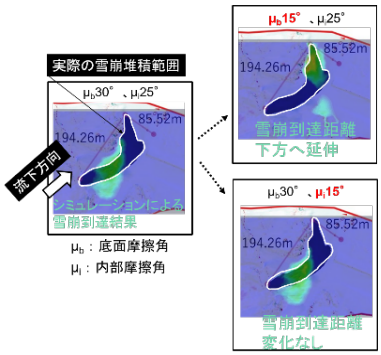


図-4　titan2D におけるパラメータ感度分析

崩壊性地すべりの拡大による土塊到達範囲を災害対応時に迅速に予測するためのアンサンブルシミュレーションのパラメータ設定手法を検討した。その結果、摩擦パラメータの設定範囲について、崩壊性地すべり発生箇所における集水面積を参考に絞り込める可能性が示された。また、災害対応時にアンサンブルシミュレーション結果を情報共有するためのプラットフォームとしてクラウド型 BIM/CIM モデルを構築した。北陸地方整備局能登復興事務所との実証実験において、被災前後のモデルの比較によって被災状況の把握と情報共有が容易となり、効率的で迅速な災害対応に有効なことが確認された（図-3）。

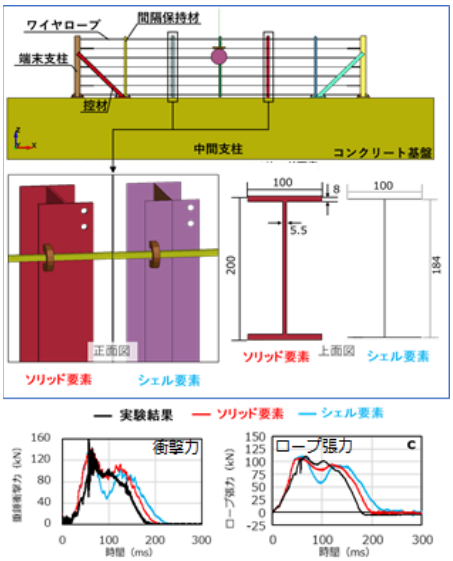


図-5　要素モデルの数値解析の概要（落石防護柵の例）

雪崩のハザードエリア設定手法の検討では、国内において多く使用されている titan2D について、雪崩への適用にあたっての特性をまとめることを目的に、令和 6 年度においては、令和 4～5 年度冬季に発生した柵口地区における雪崩 1 事例を対象とし、感度分析を実行した。設定する 2 パラメータのうち、底面摩擦角の設定方法をより検討することが必要であることを確認した。（図-4）

③ 高エネルギーの落石等に対応した事前対策工の評価技術の構築

落石防護柵の主要部材の一つである金網の線径を変化させた実験・再現解析を実施し、金網を適切にモデル化することで実験時の動的挙動を再現でき、解析モデルの適用性を確認した。また、柱部材を対象に異なる要素モデルの数値解析を行い（図-5）、シェル要素を用いた場合には計算コストの低減の可能性がある一方で、接触条件などモデル化における課題等を把握した。

３．極端化する雪氷災害に対応する防災・減災技術の開発

■　目的

近年、暴風雪や積雪期の大雨など、冬期気象の極端化により、車両の立ち往生や長期に亘る通行止め、多重衝突事故が発生し、国民生活や社会経済活動に甚大な被害をもたらしている。さらに千島海溝沿いの巨大地震が懸念される中、氷海域を含む積雪寒冷地で発生する津波は、雪氷を伴う津波作用や低温環境により、通常の津波よりもさらに被害を拡大し、甚大な損害を与える可能性がある。

そこで本研究開発プログラムでは、極端化する雪氷災害の被害軽減に資する技術の開発を行うことを目的とする。

■　貢献

極端な冬期気象イベント（暴風雪、積雪期の大雨等）時における、雪氷災害発生危険度を予測する技術の開発などにより、冬期道路管理の判断を支援する。また数値計算による防雪柵の性能評価手法の標準化による、効果的な防雪柵の整備推進、および防雪林の複合的施設配置など、新たな防雪林の構造の提示により、防雪機能の確保・向上に貢献する。さらに海氷を伴う津波が沿岸構造物に及ぼす外力や、海氷の広域的な挙動の解明により、沿岸構造物の設計や配置計画、国や地方自治体の防災・減災対策等に貢献する。

■　達成目標および令和６年度に得られた成果・取組の概要

①　極端気象時の冬期道路管理判断支援技術の開発

道路の沿道環境、風向等が吹雪時の視程に及ぼす影響を考慮した視程予測手法を考案し、暴風雪時における道路管理（道路通行止め等）の判断支援に資する吹雪視程予測システムの開発を目指している。一般国道 275 号札幌市～当別町をモデル路線とし、吹雪に起因した視程障害の発生状況の実態調査を継続するとともに、道路（モデル路線）上の視程を予測する吹雪視程予測システム試作版（図-1）を構築した。

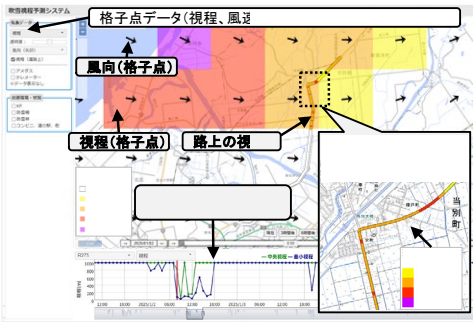


図-1　吹雪視程予測システム試作版

厳冬期の大雨等による雪崩災害に対する道路管理の判断支援手法の開発を目指し、雨水や融雪水の積雪内移動過程と地盤浸透過程を解明するため、過去の雪崩発生箇所等における現地調査及び観測、数値解析を行い、気象条件に応じた融雪水等の地盤への浸透過程を把握した（図-2）。また、これらの結果に

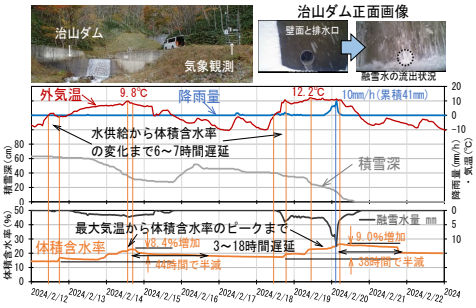


図-2　気象観測結果と融雪水の地盤浸透過程（GL-80cm の体積含水率）

基づき、斜面の積雪や土砂の安定性評価に活用可能な手法を把握した。

暴風雪・大雪時における道路管理者の的確な意思決定を支援するために、気象予測等で暴風雪・大雪が想定される場合に、過去の災害デジタルアーカイブ185件のデータセットから類似事例を抽出し過去の災害対応や想定される留意事項等を提示するシステムを試作した（図-3）。

② 暴風雪を考慮した吹雪対策施設の性能評価と防雪機能確保技術の開発

吹雪対策施設の性能評価技術の開発に向けて、防雪柵周辺における吹きだまり分布の観測を行い（図-4）、合わせて活性白土による風洞実験を実施した。これらを比較した結果、風洞実験による吹きだまり分布等の再現性を確認した。また数値シミュレーションで再現実験を行い、吹きだまりの分布を再現するための課題を整理した。

新たな樹種構成や複合的施設配置による防雪林の機能確保技術を検討するために、UAVによるLiDAR測量で取得した林帯の点群データから求めた植物面積密度（PAD）の積算値と、気象観測で得られた風速比との関係を解析し、これらを吹雪模擬実験（シミュレーション）用のベンチマークデータとした。また、防雪機能が低下した防雪林に対し、補助柵導入が有効であることを、現地調査により確認した（図-5）。

③ 積雪寒冷地沿岸部における津波防災・減災技術の構築

海氷の衝突破壊の数値モデルの高度化により大量の数値実験の基盤が整った。構造物の衝突面に山形鋼など突起物を装着することで、海氷の最大衝突力の軽減効果が期待できることを示した（図-6）。

河氷による津波被害関数の構築ならびに、氷の運動方程式や単純地形での数値計算により河川からの氷の漂流範囲の簡易推定法を構築し、既存の津波浸水データ等から敏速に河氷による被害想定が可能となる手法を提案した。

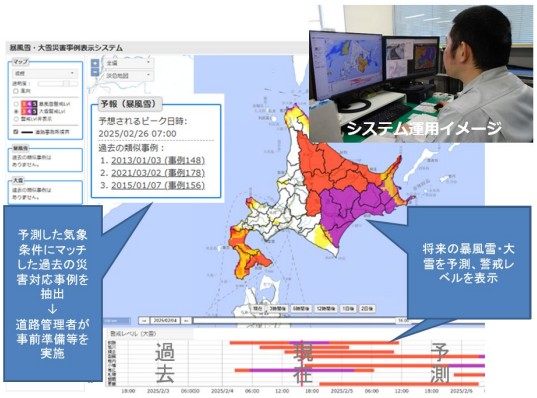


図-3　試作したシステムの概要

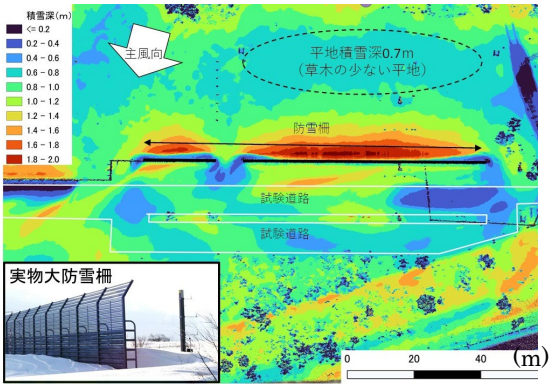


図-4　防雪柵周りの吹きだまり分布

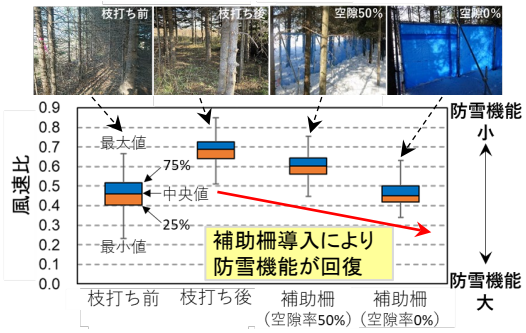


図-5　防雪林における枝打ち前後および補助柵導入による風速比の関係

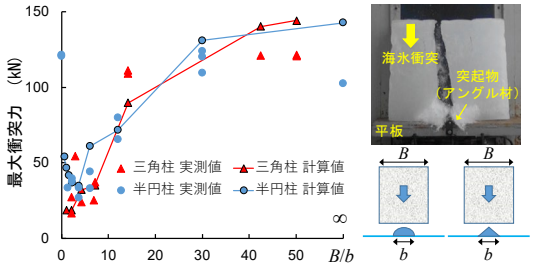


図-6　海氷の衝突実験・数値実験．突起物（山形鋼等）規模に伴う最大衝突力の推移

4. 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発

■ 目的

地震による被害は激甚化かつ多様化しつつあり、これまでに経験したことのないような形態での被災も懸念されている。本研究開発プログラムでは、橋や土工構造物等の道路を構成している構造物や河川堤防等のインフラ施設に対して、その機能に及ぼす地震の影響を最小化することに加え、仮に被害を受けても早期の機能回復を可能とする対策技術の開発等を目的とする。

■ 貢献

本研究開発プログラムにおける技術開発成果の技術基準類への提案、国内外で発生する災害への技術支援等を通じて、来る大規模地震に対する被害の軽減、最小化に貢献する。

■ 達成目標および令和６年度に得られた成果・取組の概要

① 橋梁の機能確保のための耐震技術の開発

道路橋の耐震性を向上させるために設置される制震ダンパーについて、地震時にダンパーが作動するとき生じる衝撃が、橋梁の各所の応答に与える影響の解析的検討を行った。ダンパー取付部に大きな影響がある一方で橋全体への影響は限定的であることを明らかにした(図-1)。

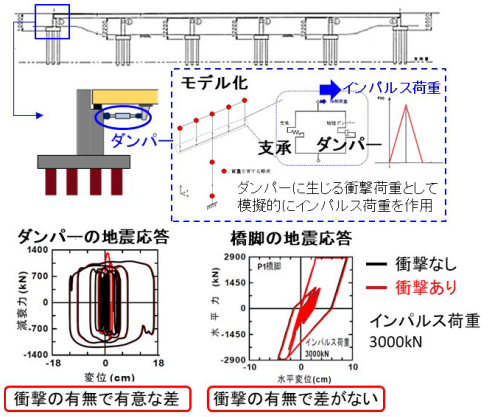


図-1　ダンパーの取付部に作用する衝撃の影響の評価

また、損傷誘導設計において最適な配筋を立案するために耐力階層化鉄筋の荷重分担を評価する実験を行い、断面中段に配置した最外縁鉄筋程度の断面二次モーメントを有する鉄筋が、変形の増加過程において平面保持を阻害することで引張断面鉄筋の荷重分担に影響を与えることなど、耐力階層化橋脚の荷重分担機構の一端を明らかにした（図-2)。

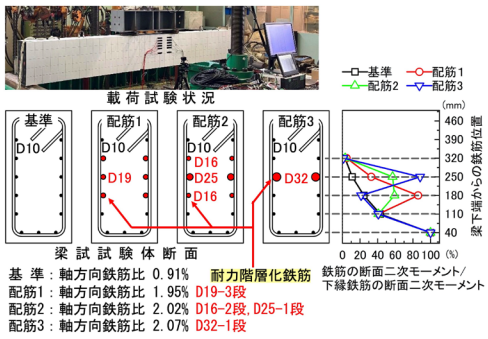


図-2　耐力階層化橋脚の荷重分担機構

杭径の異なる組杭の縮小模型実験を実施し、検討中の数値解析手法の妥当性を確認した。また、杭径および剛性が異なる場合の群杭効果を定量的に把握するとともに、群杭効果のメカニズムについて分析した。杭径の影響を考慮して群杭効果を適切に評価することにより、合理的な増し杭補強設計が可能となる見込みを得るとともに、現行基準で標準としていない異種異径の組杭に対しても適用可能な群杭効果

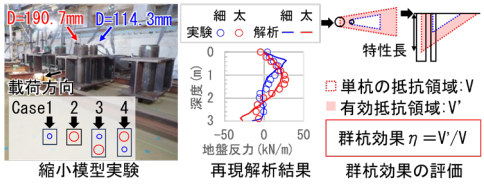


図-3　群杭効果のメカニズム

の評価手法の提案に向けた知見を得た（図-3）。

② 土工構造物の機能確保のための耐震技術の開発

盛土の地震時変状は、盛土材料の締固め度によらず強度（非排水せん断強度等）との相関が高いことを遠心模型実験により検証したことで、盛土の弱点箇所抽出は盛土材料の強度を指標として判断することが重要であることを把握した（図-4）。

泥炭地盤に対して振動レベルが異なる動的遠心力模型実験を実施し、共振しやすい周波数域を確認した（図-5）。今後、この周波数を踏まえた加振実験を行うことにより、巨大地震に対する効果的な対策技術の検討を効率的に進めることが可能となった。

地中レーダで地下水位を検出する「時間シフト解析」の有効性を試験土層で実証し、既存の地下水位観測では不可能な、道路盛土内部の地下水位の空間方向の連続分布を把握できることを示した（図-6）。

非液状化層に着底させない低コストな河川堤防の改良工法の現場実装に向けて、改良体の亀裂が堤防の浸透特性に及ぼす影響を模型実験で確認し、改良体強度に関する設計の考え方について検討した（図-7）。

③ 耐震性能評価のための精度の高い液状化予測技術の開発

原位置液状化試験法として開発している振動式コーン試験法の現場実験を行い、起振中の地盤反力度と先端抵抗の間に明確な関係があることを確認し、この関係を利用した原位置液状化強度の評価手法を構築できる見通しを得た（図-8）。

また、現行の砂質土推定式では適切に評価できない火山灰質粗粒土の液状化強度比 R_L のせん断波速度 V_S による推定にあたり、V_S-R_L 関係が砂質土とは異なる試料と、砂質土に近い試料（北海道美幌町、熊本市）の分析を行い、V_S-R_L 関係に組成や粒子形状が影響する可能性を確認した（図-9）。

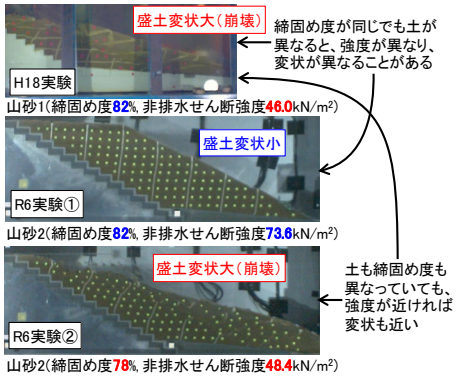


図-4　盛土の締固め度・強度と変状の関係

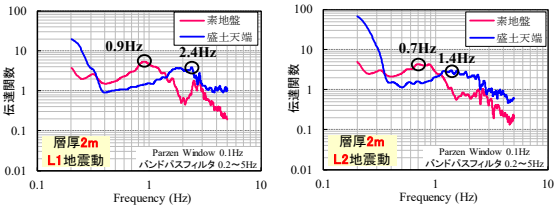


図-5　振動レベルに応じた泥炭の伝達関数

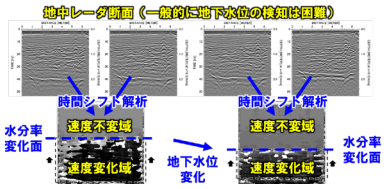


図-6　地中レーダによる地下水位の把握

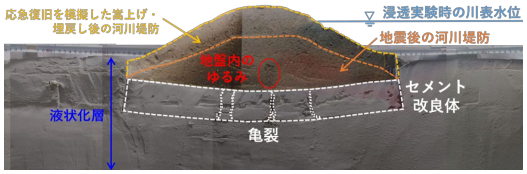


図-7　非液状化層に着底させない改良体の亀裂の発生状況

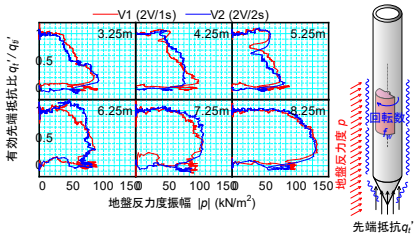


図-8　振動コーンによる先端抵抗と地盤反力度の関係

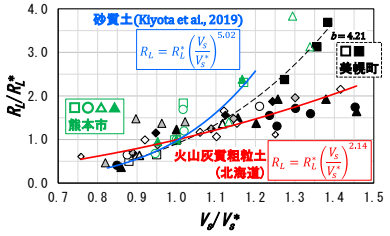


図-9　火山灰質粗粒土の VS-RL 関係

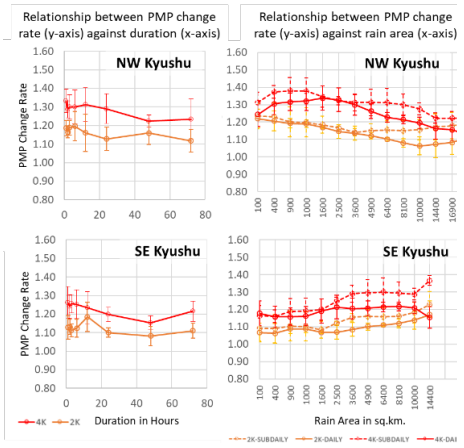
将来を見据えた基礎的・挑戦的な調査・研究の実施

１．水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発

気候変動の影響を考慮した最大降雨量の推定方法に関する研究　　水災害研究グループ

研究の必要性

国土交通省では 2℃上昇シナリオを用いて本州以南の計画降雨を従前の 1.1 倍とするなど、将来の降雨量変化倍率を示しているが、アンサンブル数の制約から年超過確率 1/200 を大きく下回る低頻度の現象（想定し得る最大降雨等）については評価できていないため、気候変動の影響を考慮した最大降雨の算定方法の開発が必要となっている。



令和６年度に得られた成果・取組の概要

九州北西部と九州南東部を初期調査域とし、5km の d4PDF アンサンブルを用いて、2K と 4K の温暖化における PMP 変化倍率を定量化する手法の開発を完了した。計算された 2K と 4K の PMP 変化倍率は、九州北西部では、2K 温暖化で 1.20（24 時間未満）、1.15（24 時間以上）、4K 温暖化で 1.30（24 時間未満）、1.25（24 時間以上）となった。また九州南東部では、2K 温暖化では 1.15（24 時間未満）と 1.10（24 時間以上）、4K 温暖化では 1.25（24 時間未満）と 1.20（24 時間以上）となった。これらの成果を用いることで、現在使われている PMP を気候変動の影響を考慮したものに更新することができる。

２．顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発

土石流発生後の応急対策で対象とする土砂流出現象と対応手法に関する研究　　火山・土石流チーム

研究の必要性

土石流が発生した渓流では、工事の安全対策や二次災害防止のため、応急対策施設が設置される。応急対策施設によって、土砂を捕捉した事例がある一方、施設が損傷した事例も生じている。ゆえに損傷しにくい設置時の留意点について整理する必要がある。

令和６年度に得られた成果・取組の概要

ブロック堰堤の損傷事例を調査した結果、袖部の基礎地盤流失が認められ、ブロックの袖部貫入や袖部上下流部の保護が必要であることが明らかになった。以上のブロック堰堤の損傷しやすい箇所とその対策時の留意点が国交省の事務連絡（令和６年４月）に反映された。

ブロック堰堤の袖部の基礎地盤流失

３．極端化する雪氷災害に対応する 防災・減災技術の開発

ＩＣＴによる吹雪障害検知の実用化に関する研究

雪氷チーム

研究の必要性

吹雪による視程障害や吹きだまりは、多重衝突事故や車両滞留などを誘発する。道路管理者はそれらの発生箇所をいち早く把握し、除雪車両を適切に出動させること、的確に道路通行止めを実施することが求められる。しかし、道路状況を把握する方法には CCTV カメラによる監視やパトロールによる目視などに限られ、コストや労力の負担が大きいことから、その軽減策が必要である。そこで本研究は、視程障害や吹きだまりを検知可能なセンサーを道路路側に設置して道路管理者にデータを伝送し、道路管理者の判断を支援するシステムを構築することを目的とした。

令和６年度に得られた成果・取組の概要

視程障害・吹きだまりを監視可能なセンサー各種を国道 275 号当別町蕨岱に設置した。設置したセンサーは、視程障害を監視可能な飛雪流量計（g/m^2s）、吹きだまりセンサー（cm/h）と、飛雪流量と吹きだまりを１台で監視可能な開発中の複合センサー等、である。各センサーの数値データを LTE で伝送して Web サイトに掲載し、道路管理者に通知することを可能にした。

R275 に設置したセンサー各種

４．大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発

道路橋の橋脚の損傷検査技術に関する基礎的研究

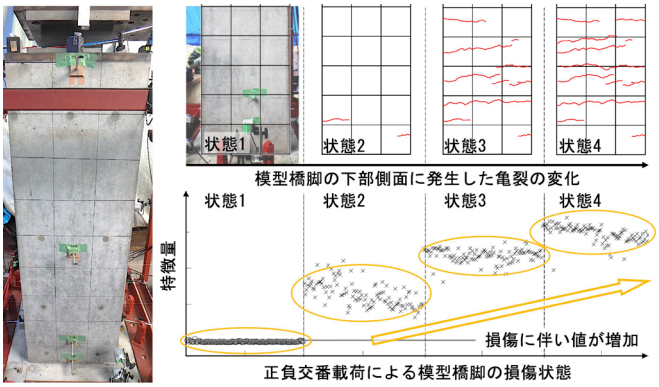
寒地構造チーム

研究の必要性

道路橋の橋脚柱基部は塑性化を考慮する設計を行うため大地震時には損傷を受けることが想定される。しかし、柱基部は土中部や水中部の不可視部分に位置するため、迅速な供用安全性の判断を行うための損傷検査技術が求められている。本研究では、衝撃弾性波を用いた非破壊検査手法の活用を目的とした研究を実施した。

令和６年度に得られた成果・取組の概要

弾性波入力で得た反射波から、時刻歴波形の変化は捉えられたが、周波数等の単一の指標から損傷の進展に伴う変化を抽出することは困難であった。一方、進展に伴って増加する周期や減衰等の複数の指標を組み合わせた特徴量を見出した。不可視状態でも損傷を評価できる重要な成果であり、引き続き本手法の確立を目指す。



模型橋脚の損傷状態と特徴量の関係