

地域と歩む防災研究センター



Research Center for Strategic Assistance in the Prevention of Floods, Earthquakes and Regional Hazards

# SAFE Report & D

2023.3 Vol.3

地域と歩む防災研究センター





## ご挨拶

北見工業大学  
地域と歩む防災研究センター/SAFER  
センター長 高橋 清



2022年4月より地域と歩む防災研究センター/SAFERのセンター長を拝命し、約1年が経過いたしました。この間にも、停電やJR運休など冬期の生活に大きな影響を与えた大規模な雪害の発生、2023年2月に発表された日本海溝・千島海溝周辺の巨大地震発生による北海道の被害想定を発表、海外に目を向けると2022年2月に発生したトルコ南部地震による死者5万人を超える被害など、日々、災害が頻発しております。まさに、私たちは、災害と災害の間で日々の暮らしを営む、「災間」に生きていることを実感させられます。

本研究センターは「防災」というキーワードで、学内にある防災研究に活用できるリソースを一元化し、防災研究を行う研究センターとして2019年に設立されました。今年度もその成果を、「SAFER R&D Report Vol.3」として発刊する運びとなりましたので、ご高覧頂ければ幸いです（カラー版はSAFER webページ <https://kit-safer.com/publication/>に掲載予定です）。

今後も、地域と歩む防災研究センター/SAFERでは、積雪寒冷環境において安全・安心な地域環境を構築するために、地域のニーズに即した形で研究成果の還元を行うとともに、防災教育活動によって、地域防災力向上の戦力となる防災技術者や行政担当者などの人材育成に取り組んでいく所存です。さらに昨年12月に締結したモンゴル地理学・地生態学研究所 (IGG) との連携協定を足掛かりに、海外の寒冷「地域」と歩む防災研究センターとしても、活動の場を広げていきたいと考えております。今後とも関係の皆様からの変わらぬご指導とご助言を賜りますよう、お願い申し上げます。

2023年3月

### 【表紙の写真】

2020/21年冬期の岩見沢大雪や2021/22年冬期の札幌大雪など、近年は記録的な大雪とそれに伴う市民生活への影響が顕在化しています。SAFERでは地域の皆さまと協力し、毎年、各地の積雪環境を調べています。写真は2023年2月滝川での調査の様子です。  
撮影者：白川龍生

## SAFER R&D Report Vol.3 (Mar. 2023)

### 目次

#### 地域協働防災研究部門

|                                                                     |   |
|---------------------------------------------------------------------|---|
| ◆厳冬期の避難所運用における電動車の活用可能性<br>高橋 清                                     | 2 |
| ◆北見市冬季避難所開設・運営訓練における避難所環境計測<br>林田 和宏・森田 慎一                          | 4 |
| ◆むかわ町市街地を対象とした現地調査に基づく津波避難の基礎的検討<br>齊藤 剛彦                           | 6 |
| ◆情報トリアージと感情分析を用いた2段階フィルタリングによる状況認識ツイートの抽出<br>及川 佑人・プタシンスキ ミハウ・榎井 文人 | 8 |

#### インフラ耐災技術研究部門

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| ◆結氷河川への津波遡上の数値シミュレーションモデル構築に向けて<br>白井 秀和・吉川 泰弘                   | 10 |
| ◆水理実験によるアイスジャム現象の解明<br>吉川 泰弘                                     | 12 |
| ◆UAV映像を用いた河川の堤防診断手法に関する検討<br>白井 秀和・渡邊 康玄                         | 14 |
| ◆河川増水時の基礎地盤の洗堀に着目した橋脚の不安定化メカニズム<br>川尻 峻三・川口 貴之・中村 大              | 16 |
| ◆網部一体型ふとん籠工を用いた洪水に強い橋台背面盛土の検討<br>川尻 峻三・川口 貴之・中村 大                | 18 |
| ◆被災時における抗土圧構造物の新たな健全性評価手法と修復技術に関する検討<br>中村 大・三枝 昌弘               | 20 |
| ◆基礎地盤の3次元的な土質構成が水位上昇による小規模噴砂発生時の堤防水理挙動に及ぼす影響<br>川尻 峻三・川口 貴之・中村 大 | 22 |
| ◆原位置で土の強度定数の把握が可能なベンコンセン断試験の適用性<br>川尻 峻三・川口 貴之・中村 大              | 24 |
| ◆植生工を施した模型盛土斜面の降雨浸透特性<br>中村 大・川口 貴之・川尻 峻三                        | 26 |
| ◆自治体間連携による地域特性を考慮した老朽化橋梁の戦略的維持管理システムの構築（3）<br>門田 峰典・三上 修一・宮森 保紀  | 28 |
| ◆構造ヘルスマonitoringによる横断歩道橋のデッキプレート床版に生じる腐食損傷の把握<br>門田 峰典           | 30 |
| ◆寒中における橋梁工事の効率化に資する耐寒無収縮モルタルの開発<br>井上 真澄・崔 希燮                    | 32 |
| ◆寒中における補修施工の効率性向上に資する耐寒補修材料の開発<br>崔 希燮・井上 真澄                     | 34 |

#### 突発災害調査研究部門

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| ◆12月の湿雪とオホーツク大規模停電（2022年12月）<br>白川 龍生                   | 36 |
| ◆DIASとLINEを用いた河川堤防の被災状況報告アプリの開発と運用<br>川尻 峻三・渡邊 康玄・川口 貴之 | 38 |

## 厳冬期の避難所運用における 電動車の活用可能性



センター長・教授  
高橋 清

### Highlights

- PHEVによる避難所への給電可能性について検証を実施しました。
- 充電と給電をしながら拠点をPHEVが移動する運用方法など、電気を必要としている要配慮者や福祉避難所等への電力供給が期待されます。

近年、台風や地震、また、大雪による災害により停電が多発している中、「災害時の電源確保」は災害対策の重要な課題です。そこで、動力源が電気であるEVは、災害による停電時に非常用電源として活用することが可能であるため、「動く電源」として注目されています。本研究部門では、厳冬期の災害時に発生する停電時に、EVによる避難所への給電可能性について研究を行ってきました。その結果、一定程度の電気器具使用のルール化を行い、消費電力を抑えることで、避難所への電力供給が可能であることを検証することができました。しかし、EVには蓄電池量が下限に達した場合、充電ポイントでの充電が必要になるなど、課題も存在します。そこで、今年度本研究部門では、EVを含む電動車に対象を拡大し、より機動性が高いと考えられるPHEV（プラグ・イン・ハイブリッド車）による避難所への給電可能性についての検証を実施しました。

実験は令和5年2月3日（金）～2月4日（土）、斜里町ウトロ地区の町民プールに隣接する施設を避難所と設定し、災害（大規模停電）発生時において、PHEV車両による「電力の運搬」と「避難所への給電」を行うことを想定し、電力使用量等の把握や課題の抽出を行いました。今回の実験では斜里町ウトロ支所が保有する三菱アウトランダー（バッテリー容量20kwh）1台を借用し、避難所に想定した施設に対し、約24時間連続で電気の供給を行いました。使用した電気器具は、昨年度実施したEVによる給電検証の結果



写真1：PHEVから避難所への給電の様子

を考慮し、防災灯、暖を取るための石油ファンヒーター、情報収集機材としてテレビ、ノートPCさらにスマホ充電アダプター、食事対応としての電子レンジ・電気ポット等を使用し、電力消費量等のデータを取得しました。

PHEVは給電することで充電残量が低下した場合、エンジン始動により発電・蓄電が可能であり、EVに比較し機動性が高いことが特徴として考えられます。一方、給電可能電力が1,500Wであるため、より慎重な電気器具の使用計画を立てる必要があります。今回は、常時通電は、石油ファンヒーターとTVのみとし、食事及び温かい飲み物の提供時に電気ポットと電子レンジを交互に使用するなど、最大電力量の超過を意識して電気器具の使用をコントロールしました。

実験中の外気温は、日中は0℃前後、夜間-10℃以下であり、非暖房室温度は、ほぼ外気温と同様に推移しましたが、暖房室温度は15℃前後と十分な温度を確保することが可能であるとの結果となりました。実験開始時のバッテリー残量は100%で、実験開始19時間後に7%となり、その後エンジン起動により100%近くまで回復させ、24時間経過時は81%のバッテリー残量との結果となりました。実験後、災害時の電動車活用について地元住民の方々と意見交換を開催し、今後の電動車の活用可能性について貴重なご意見を頂く事が出来ました。

今回の検証と意見交換より、PHEVの電力使用制約を考慮し、避難生活における室内照明・室内温度・情報収集・食事等の優先順位を考え、使用計画を立てることの重要性が明らかとなりました。一方、PHEVは動く発電機として、その機動性の高さを活かし、避難の拠点にポータブル充電器が用意されていれば、PHEVが給電しながら拠点を移動する運用方法も考えられます。特に、電気を必要としている要配慮者や福祉避難所等への電力供給の機材として、大いにその活用が期待されると考えられます。

本実験は、オホーツクEV推進協議会が実施主体となり、当センター、網走開発建設部、（株）ドーコンのメンバーにより実施されました。また、ウトロ地域の皆様にもご協力頂きました。ここに記して感謝いたします。

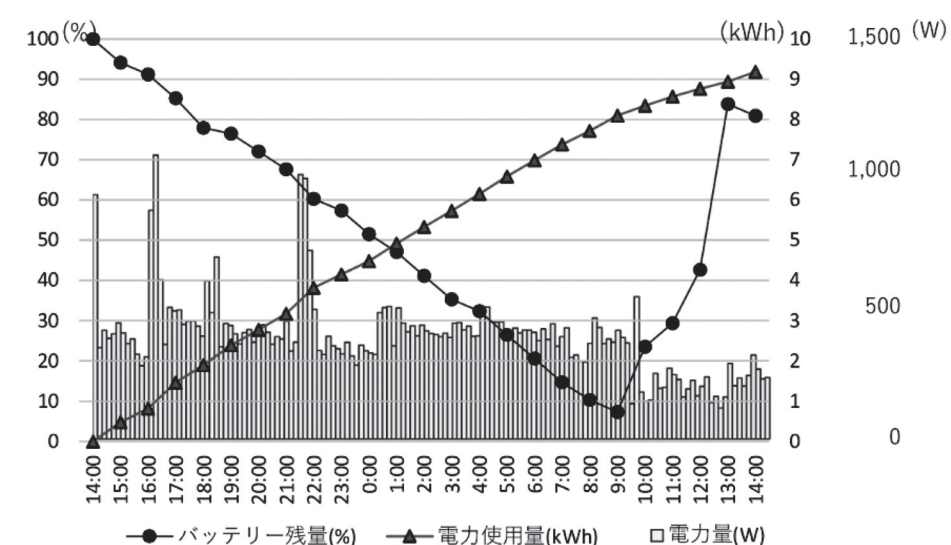


図1：PHEVの使用電力とバッテリー残量の推移



# 北見市冬季避難所開設・運営訓練における避難所環境計測

## Highlights

- 北見市において冬季に停電を伴う災害が発生したことを想定した避難所開設・運営訓練において、避難所の室内空気環境計測を実施しました。



部門長・教授  
林田 和宏



教授  
森田 慎一

コロナ禍の真冬に、北見市において停電を伴う災害が発生したことを想定し、感染対策を行いながら避難所を開設・運営する訓練が2022年12月19日（月）午後北見市武道館において実施されました。この訓練において、地域協働防災研究部門では避難所の室内空気環境計測を担当しました。環境計測は訓練開始（13:30）から訓練終了（16:00）まで実施し、温度、湿度、CO、CO<sub>2</sub>、浮遊粉塵および騒音の6項目を計測しました。

訓練では、武道館一階の道場1が「一般避難者スペース」に、道場2が「患者スペース」に割り当てられており、環境計測は一般避難者スペース5地点（測点1～5）と患者スペース1地点（測点6）で実施しました。一般避難者スペースの計測地点を図1に示します。温度については床面（0m）と床からの高さ1.4 mの位置で、その他の項目については床からの高さ1.4 mの位置で計測を行いました。

一般避難者スペースの暖房装置はダクトヒーター1台のみです。ダクトヒーターとは、灯油ヒーターに一定間隔の穴の開いたビニールダクトを装着し、ヒーターから離れた場所に温風を送る暖房装置です。

なお、灯油ヒーターは武道館外に設置されており、ヒーター本体からの排ガスは屋外に排出されます。ビニールダクトは、図1に点線で示すように、道場1の壁二面に沿って配置されています。ダクトヒーターは14:00より稼働を始めました。

各測点における温度と湿度の時間変化を図2に示します。床面（0m）の温度につ

いては、測点2を除いて14℃前後一定で推移していることが分かります。測点2の温度が14:00頃に一時的に上昇しているのは、窓からの西日が測点2に当たっていたためです。高さ1.4mの位置の温度が

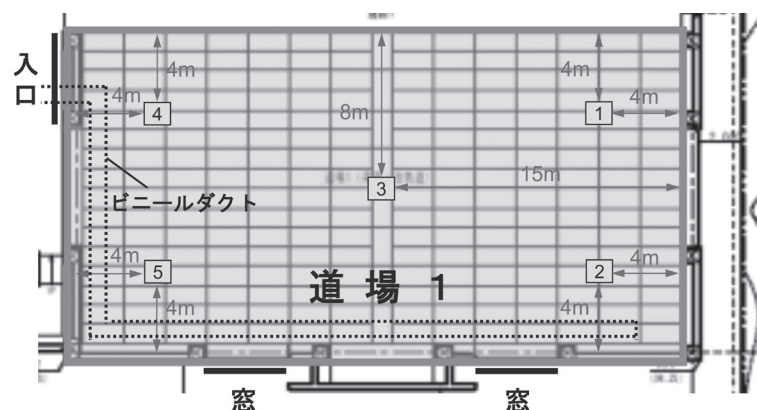


図1：一般避難者スペースの平面図と計測点

0mよりも若干高いのは、ダクトヒーターの効果と考えられます。日中の訓練ということもありますが、室温はおおむね14℃以上と寒さ対策をした服装であれば問題のない室温が保たれていました。なお、15:30以降で温度が上昇しているのは、訓練参加者の多くが道場1に集まっていたためと思われます。相対湿度については、ダクトヒーターの稼働する14:00から14:30にかけて上昇し、その後は徐々に低下しています。測点2と4の湿度が比較的高いのは、ダクトヒーターに近い地点であり、温風に燃焼ガスの水蒸気が含まれていたためと考えられます。

各測点のCO<sub>2</sub>、CO、浮遊粉塵および騒音の時間変化を図3に示します。いずれの測定項目も、厚生労働省が定める室内空気環境の基準値を超えることはなく、訓練中を通して問題のないレベルが保たれていました。なお、CO<sub>2</sub>濃度が15:30以降に上昇しているのは、前述の通り、訓練参加者が道場1に集まっていたためと考えられます。

この環境計測で得られたデータは、北見市における避難所開設・運営の改善方策の検討に活かされることが期待されます。

最後に、本研究は北見市防災危機管理室および本学エンジンシステム研究室学生の協力を受けて実施しました。記して謝意を表します。

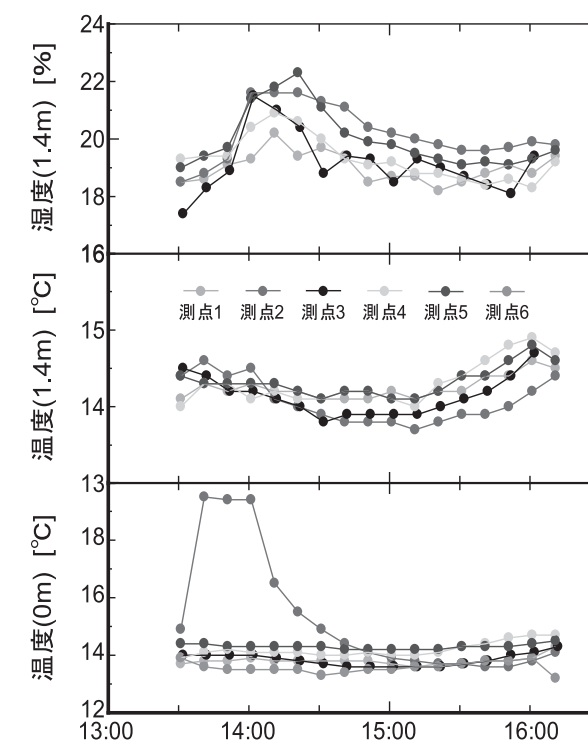


図2：温度と湿度の時間変化

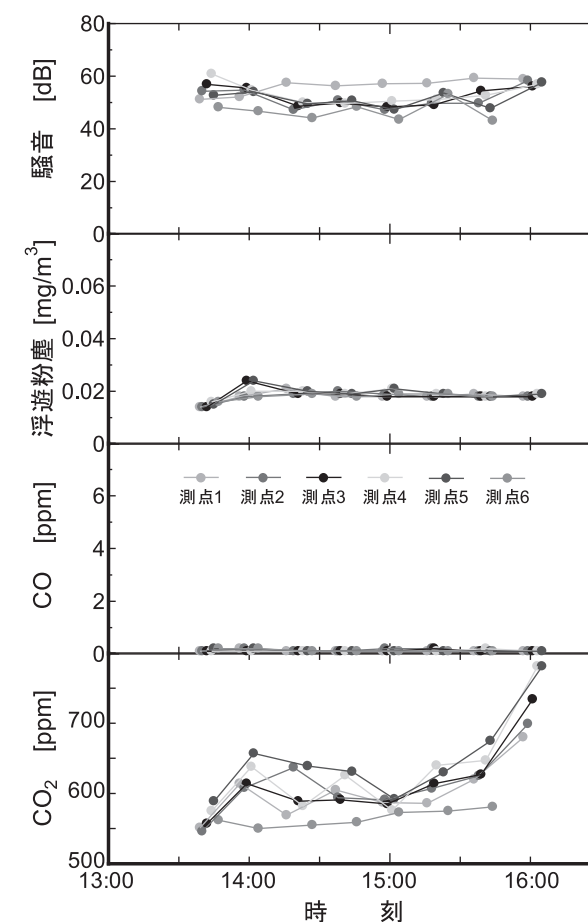


図3：CO<sub>2</sub>、CO、浮遊粉塵および騒音の時間変化



## むかわ町市街地を対象とした現地調査に基づく津波避難の基礎的検討



准教授  
齊藤 剛彦

### Highlights

- 大津波の襲来が想定されているむかわ町で、津波から避難可能な構造物を現地で調査しました。町が指定している緊急避難場所だけでなく、それ以外の高い構造物を活用することで避難の可能性が高まります。

北海道の胆振地方に位置するむかわ町では、2018年北海道胆振東部地震で沿岸部の市街地で住宅被害等を受けましたが、備えるべき地震には千島海溝沿いと日本海溝沿いで発生する巨大海溝型地震があります。これらの地震では強い揺れの後の津波から避難することが重要です。そこで、本研究部門ではむかわ町の津波浸水が想定される地域で現地調査を行い、避難可能性について検討しました。

対象地域はむかわ町のなかでも旧鵒川町に位置する沿岸部の市街地です。ハザードマップでは3m以上の津波浸水が想定されています。現地調査は2022年11月に行いました。対象地域を徒歩で移動し、レーザー距離計とGPS機能付きデジタルカメラを用いて、公表されている津波ハザードマップを参照し、指定緊急避難場所と3階以上の構造物の高さ・階数・位置・状態・屋上の有無・オートロックの有無・外階段の有無を調査しました。写真1はレーザー距離計で構造物の高さを計測している様子です。調査した結果、指定緊急避難場所7棟のほかに、想定津波浸水深より高い構造物を8棟発見しました。これらの構造物は集合住宅が多く、高さは8mから12mの構造物でした。さらに、市街地は平坦な地形で津波から避難できる高台はないことから、高い構造物に避難することが重要な地域であることがわかりました。

現地調査で発見した避難可能構造物に徒歩で避難することを想定して、対象地域の避難可能性の可視化を行います。ここでは各構造物に避難できる範囲を円で考え、



写真1：避難可能構造物の調査

その半径として歩行速度と避難時間から計算したものと、構造物の収容人数と周辺の人口密度から計算したものの2種類を求め、値の小さい方を使います。これにより各構造物の避難可能範囲が円で地図上に表示できます。このとき、各構造物の避難可能範囲の重複は考慮せず、地震発生時に範囲内にいると避難できるとします。なお、地図の作成にはArcGIS Proを用います。

結果を図1に示します。対象地域は図1の黒枠の範囲で、避難可能構造物を示しています。指定緊急避難場所のみで避難可能範囲を求めると図1の濃い色の範囲となり、カバー率は86.9%です。この場合、海岸に近い地域と、内陸部で空白域があります。一方、指定緊急避難場所以外の構造物も活用すると図1の薄い色の範囲となり、カバー率は92.4%です。こちらでは内陸部の避難可能範囲は変わりませんが、海岸に近い地域で避難可能構造物が増えたことから空白域がなくなっています。ここで、内陸部の空白域は農地であり住宅は見当たらないことから、地震発生時にこの空白域にいる可能性は低いと考えられます。さらに、この空白域からは徒歩でも想定浸水域より内陸側に避難できる、あるいは日高道の鵒川ICから高速道路の盛土上に避難できるため、避難可能であると考えられます。

以上のように、今回の対象地域では現状の構造物を活用すれば津波から命を守れる可能性が高いことがわかりました。要因としては避難可能構造物が対象地域内で集中せず、点在していることが挙げられます。ただし、緊急避難場所に指定されていない構造物を活用することで避難可能性が高まることから、それらの構造物を避難時に確実に活用できるようにしておくことが大事です。さらに、2018年北海道胆振東部地震では地震動により構造物や道路が被害を受けたことから、津波の前にくる揺れによる被害が避難に与える影響を考慮した検討が必要であると考えています。

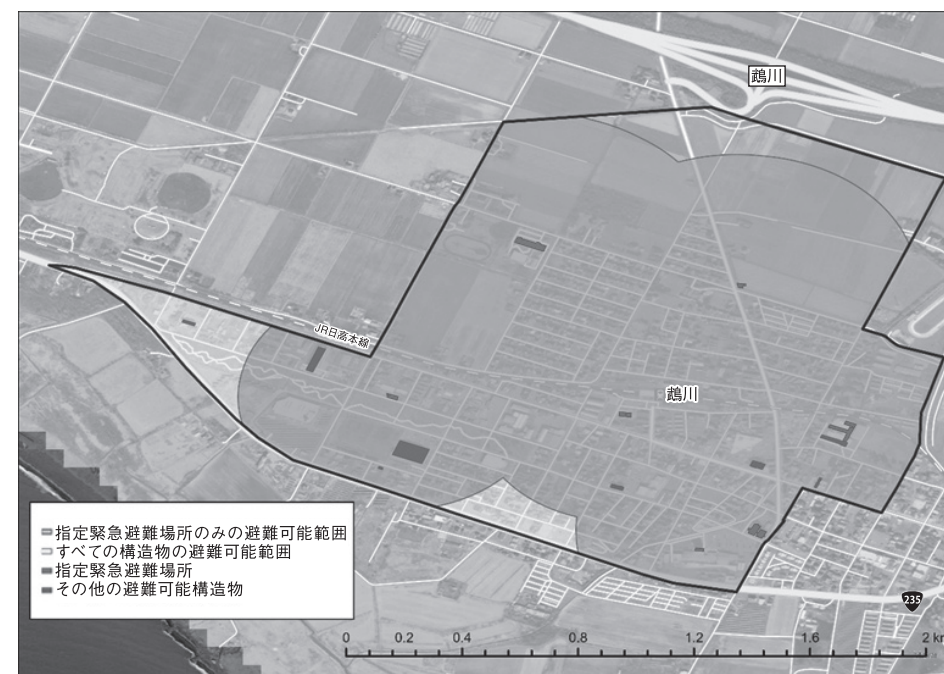


図1：対象地域の避難可能範囲



# 情報トリージと感情分析を用いた2段階フィルタリングによる状況認識ツイートの抽出



研究補佐・修士課程2年  
及川 佑人



准教授  
プタシンスキ ミハウ



教授  
梶井 文人

## Highlights

- 情報源に着目した分類で、感情語の意味の異なりを自動で判別できました。
- 被災地に関連するツイートでも、ネガティブな感情は多く含まれませんでした。
- 被災地に関連しないツイートは、恐怖の感情が時間経過で顕著に減少しました。

災害時におけるTwitterでは、多くの個人によって私的なメッセージがリアルタイムに投稿されます。これはリポーターを介した公的な情報発信を主とするテレビやラジオなどのメディアとは対照的であり、その有用性は、救助要請ツイートの収集を通じて台風による住宅の浸水被害から約50人の救助に成功した長野県の事例（2019年）からも伺えます。また、災害時の人間行動を分析する上でも、質問紙やインタビューなどの回顧的な自己報告に基づく調査手法と比較して、より大規模かつ実態を映した結果を提供しうるプラットフォームとして、Twitterは注目に値します。一方で、キーワードやハッシュタグのみによる検索結果には、被災地と無関係な情報も数多く含まれるため、一刻を争う事態における状況認識（Situational Awareness: 被災者の位置やニーズ、被害の状況を評価して自治体や救助隊等の意志決定者に対して有用な洞察を与えること）は困難になっています。

そこで本研究では、ツイートの情報源と感情表現に着目し、「災害発生地点からの距離に応じて、頻出する感情の種類や時間経過による感情の推移傾向は異なる」という仮説を検証しました。そのために、自然言語処理分野における文書分類と感情分析の技術を組み合わせた分析を行いました。文書分類においては、時間や状況の変化に応じて情報に優先順位をつける情報トリージの分類基準を基に、2021年8月10～19日の線状降水帯に関するツイート約27,000件を機械学習を用いて以下の3種類に自動分類しました（1次情報：発信者が直接見聞きして入手したような、情報源が自身にあるツイート。1.5次情報：入手した事実に対して意見等を述べたような、情報源が自身と他者にあるツイート。2次情報：ニュースや伝え聞きなど、情報源が他者にあるツイート）。また、感情分析においては辞書ベースの感情解析ツールであるML-Askを用いて、10種類の感情カテゴリ（喜・好・安・哀・嫌・怒・怖・恥・昂・驚）のいずれかを表す感情語が各ツイートに含まれているかを自動で判定しました。

まず、時間経過を考慮せずに全期間を対象とした際における情報源ごとの感情極性の分布を確認しました（図1）。2次情報には投稿者の感情が含まれていないと見なし、分析から除外しています。この

図から、「被災地関連ツイートにはネガティブな感情が多く含まれる」という直感に反する結果が得られたことが分かります。

次に、時間経過を考慮して1日ごとのネガティブ感情の出現割合に対するスピアマンの順位相関係数の値を確認しました（図2）。この図から、災害発生地点から近いとは言えない人々（1.5次情報）の“怖”の感情が、時間経過につれて顕著に減少していることが分かります。一方、“嫌”の感情は両者で同程度の増加傾向を示しており、災害への嫌悪が発生地点からの距離を問わず共通している傾向が伺えます。また、“哀”と“怒”が両者で正反対の値を示した理由としては、1日あたりの件数が10件未満と少数であり、出現頻度の順位が変動しやすかったためであると考えられます。

さらに、情報源ごとに感情分析を行った結果を質的に分析したところ、同じ感情語であってもツイートの情報源に応じてその意味が異なっていた傾向が見られました。一例として、“嫌”の

感情カテゴリにおいて全体の22%を占める割合で最も頻出した感情語「大変」は、「歩道橋も大変なことになります」のように、投稿者の感情よりも災害状況を形容するような意味合いで用いられていた件数が、1次情報においては82件（67%）であったのに対して、1.5次情報においては21件（40%）でした。これらの結果は、辞書ベースの手法が抱える典型的な課題である「文脈による意味の変化」に対して、情報源に基づいた分類が限定的な解決策となり得ることを示唆しています。

最後に、情報源ごとに頻出する感情カテゴリの偏りを定量的に評価するために、クラメールの連関係数の値を算出しました。その結果、データ収集に用いた6つのハッシュタグのいずれにおいても値が0.1を上回っていました。このことは、「感情極性を構成する感情カテゴリに着目すると、情報源に応じて現れる感情の傾向に弱い連関が見られる」ということを定量的に示しています。

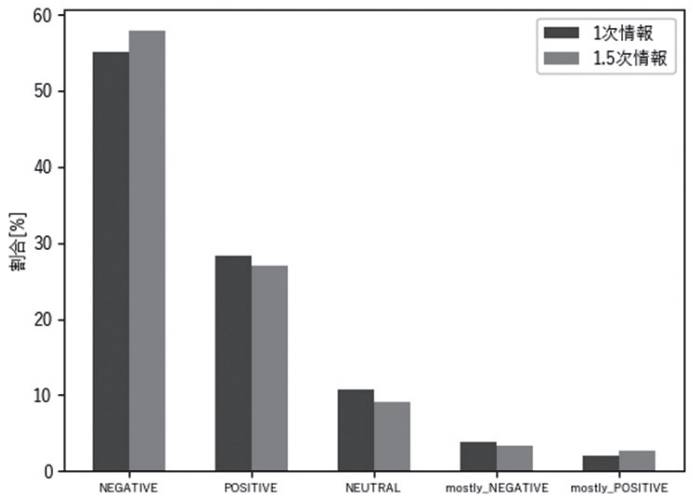


図1：情報源ごとの感情極性の内訳

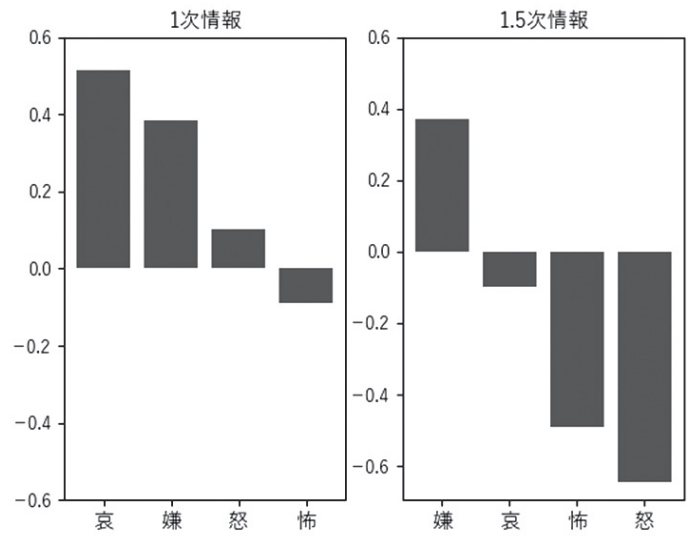


図2：スピアマンの順位相関係数



# 結氷河川への津波遡上の数値シミュレーションモデル構築に向けて

## Highlights

■ 固定された氷板下を伝搬する津波の数値シミュレーションモデルを構築し、その適用性の検証を行いました。結氷河川での津波伝搬の特徴である氷板下での圧力の伝搬、津波の伝播速度の増加、圧力の減衰が再現されることが確認されました。

2011年3月の東北地方太平洋沖地震では、北海道の河川での津波の遡上が記録されています。北海道のような寒冷地域において、結氷状態の河川に津波が遡上すると、氷板の存在が津波の遡上過程に影響を与え、特有の遡上特性が表れることになります(図1)。例えば、通常の河川の場合は水面波が伝搬していくのに対して、結氷河川の場合は氷板下で圧力が伝搬し、その結果、津波の伝播速度が速くなることが考えられます(図2)。また、氷板の存在により波や圧力が減衰することが起こることも考えられます。このような冬季の結氷河川を想定して、津波がどのように遡上するかを把握しておくことは、津波対策においても重要なことになります。このことから、結氷河川での津波遡上の特性を踏まえた数値シミュレーションモデルの構築が、その遡上過程の把握や被害予測のためには必要となります。

そこで、このような結氷河川での津波の遡上特性を踏まえた数値シミュレーションモデルの構築に向けた第一歩として、氷板を固定した水路に波が伝搬する現象を対象とした数値シミュレーションモデルを構築し、その適用性について検証を行いました。本研究では、氷板を模した板を水路に固定し、その上流から一定流量の水を流すとともに、その反対の下流から波を起こして、その波がどのように伝搬していくかを検証した既往の水理実験(吉川ら、2013)を対象としました(図3)。

まず、本研究で構築したモデルでは、氷板の下を圧力が伝搬して津波の伝搬速度が速くなることが

まず、本研究で構築したモデルでは、氷板の下を圧力が伝搬して津波の伝搬速度が速くなることが



部門長・准教授  
白井 秀和

准教授  
吉川 泰弘



図1: 津波によって河岸に漂着した氷板

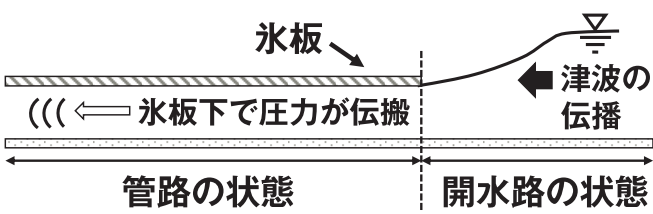


図2: 氷結河川への津波遡上のイメージ

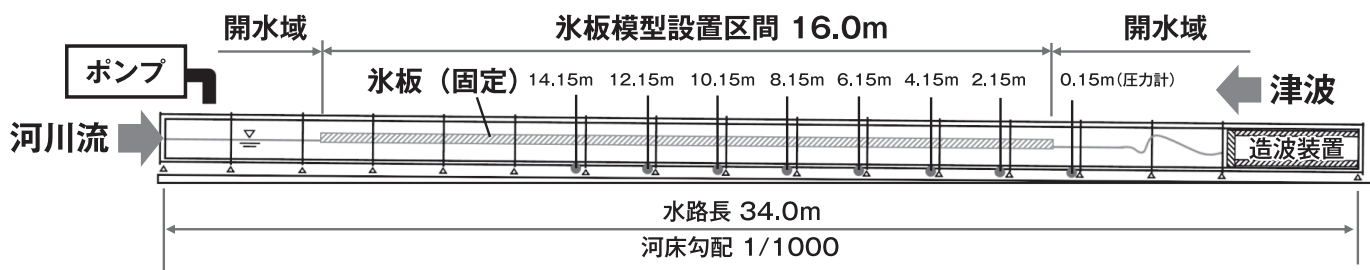


図3: 既往の水理実験(吉川ら、2013)

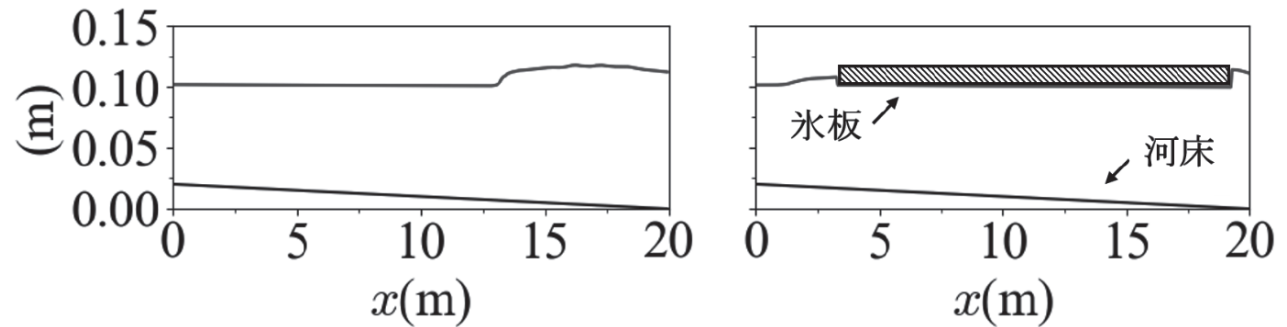


図4: 構築したモデルによって再現された波の伝播過程

(左: 氷板なし、右: 氷板あり)

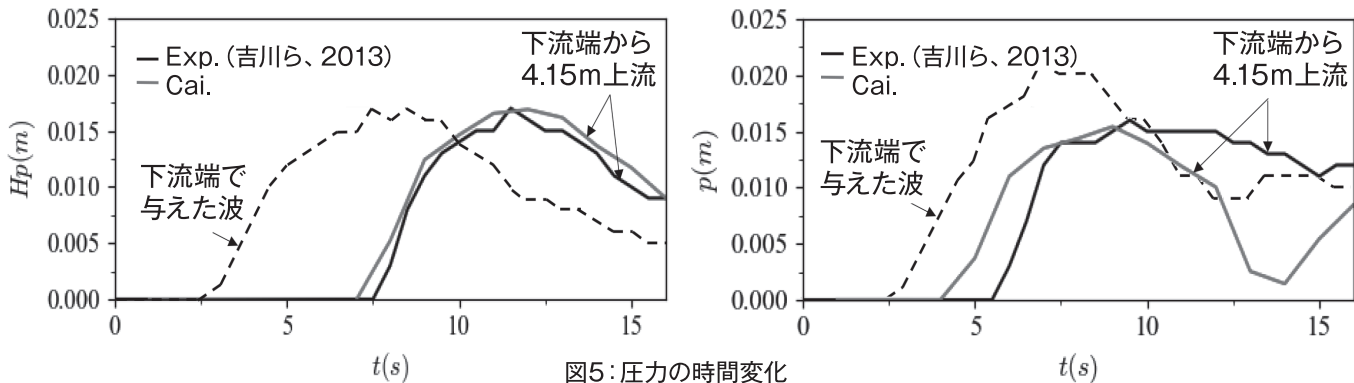


図5: 圧力の時間変化

(左: 氷板なし、右: 氷板あり)

確認されました(図4)。また、氷板の存在によって圧力の減衰することが再現されることが確認されました(図5)。これらの特性は既往の実験でも確認されており、本研究で構築した数値シミュレーションモデルが氷板の存在による津波遡上の特性を再現できることを示す結果が得られました。その一方で、圧力の伝搬速度などは過大に評価するなど再現精度に課題が残りました。

今後、本研究で構築した数値シミュレーションモデルをさらに発展させることで、寒冷地域での津波の特性を把握することにつなげていきたいと考えております。



# 水理実験による アイスジャム現象の解明



准教授  
吉川 泰弘

## Highlights

- 総合防災実験システムにおいて、実氷を用いたアイスジャム実験を実施しました。
- 気温と流量がアイスジャム現象に与える影響について、検討を行いました。
- アイスジャムによる水深の上昇について、検討を行いました。

寒冷地の河川ではアイスジャムが発生します。アイスジャムとは、河川の氷（河水）が河道内に堆積する現象です。このアイスジャムにより、北海道内各地で急激な水深の上昇を引き起こして被害を発生させます。既往研究では、アイスジャムによる水深の上昇は河水のサイズと関係があり、アイスジャム発生時では流速が速いほど河水同士が集積し空隙率が小さくなり水深が上昇することが示唆されています。本研究の目的は、まだ未解明である気温の高低や流量の大小がアイスジャム現象に与える影響を明らかにすること、アイスジャムを模擬した実験を行い空隙率と水深上昇の関係を明らかにすることです。

気温と流量の違いによるアイスジャム現象への影響については、図1に示す実験水路を用いて実験を行いました。河水は実際の氷を製作しました。実験時の室内の気温は、1℃と15℃の2パターン設定し、流量は3パターン設定しました。初期の水深をアイスジャム発生時の水深で割った値を水深比としました。

実験結果を図2に示します。低い気温（1℃）の場合は、高い気温（15℃）に比べてアイスジャムの持続時間が増加しました。また水深比は大きくなりました。流量については、流量が大きいと、アイスジャム発生時に氷が鉛直下方向に重なりやすくなり通水面積を小さくするため、水深は急激に上昇しました。また流速が速くなるため狭窄部の氷は早く融解し、水深比は小さく、水深比のピーク時間は短くなり、図2よりアイスジャムの持続時間は短くなることが分かりました。

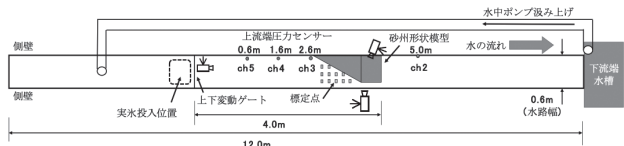


図1：漸縮部を有する水理実験概要

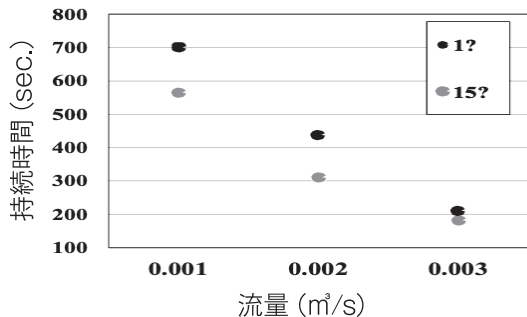


図2：気温の違いによる流量とアイスジャム継続時間の関係

次に、アイスジャムを模擬した多孔板を用いた水理実験を図3の実験水路を用いて実施しました。多孔板は、空隙率を再現するためにアクリル板に穴を空けて、空隙率は40％と20％の2パターン設定し、流量は2パターン、水路床と多孔板との開口高さは4パターン設定しました。

多孔板の抵抗係数とレイノルズ数の関係は図4となります。開口高さが小さくなるとレイノルズ数と抵抗係数は大きくなり、開口高さが同程度の場合は空隙率が小さくなるとレイノルズ数は大きくなりました。多孔板の抵抗係数と水深比の関係は図5となります。抵抗係数が大きいほど水深比は大きいことが分かります。本研究成果は、水深比＝f（抵抗係数）と抵抗係数＝f（レイノルズ数）の関係を用いると、アイスジャム発生時の氷の喫水深、氷の空隙率、流速、水温（動粘性係数）およびアイスジャム発生前の初期水深が推定出来れば、アイスジャム発生時に上昇する水深を推定出来る可能性を示しています。

さらに、アイスジャム発生時の氷径分布と流量の違いによる水深上昇の違いを明らかにするために水理実験を行いました。実験結果より、流量が大きいと模型氷は鉛直下方向に沈み込み通水面積を小さくさせて水深が上昇する。模型氷のサイズが大きいと水深比は大きくなるが、同じ模型氷のサイズの場合では厚さが薄い模型氷の枚数が増えると水深比は大きくなる。異なる模型氷のサイズが混合した条件では、流量によって堆積状況および水深比が異なることが分かりました。

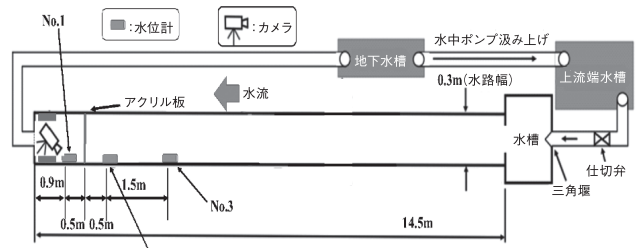


図3：実験水路の平面図

- 開口高さ 0.030m 空隙率40%
- Fr=0.4 空隙率40%
- Fr=0.6 空隙率40%
- Fr=0.8 空隙率40%
- 開口高さ 0.030m 空隙率20%
- Fr=0.4 空隙率20%
- Fr=0.6 空隙率20%
- Fr=0.8 空隙率20%

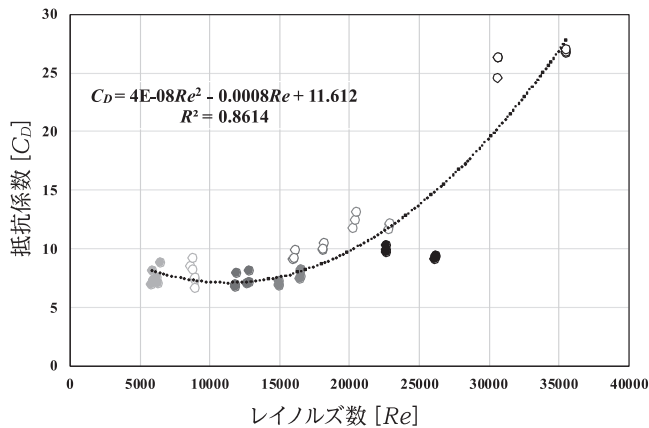


図4：多孔板の抵抗係数

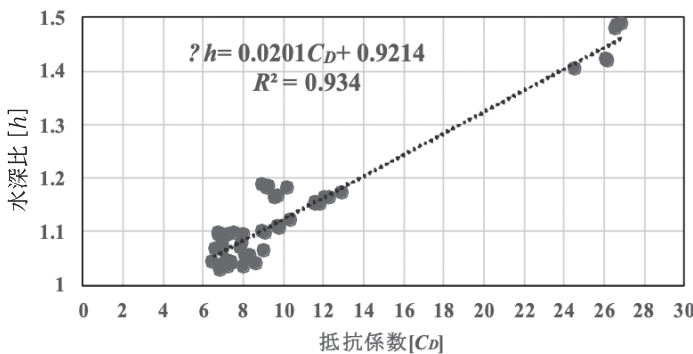


図5：多孔板設置時の水深比



# UAV映像を用いた河川の堤防診断手法に関する検討

## Highlights

■ 従来、現地で行われる河川の堤防診断に関して、UAV映像を用いた診断手法について検討しました。現地調査で確認される堤防の亀裂や裸地化などの変状を高度30mからのUAV映像からも確認することができ、UAV利用の有用性が確認できました。

近年、頻発化する豪雨に伴い、堤防決壊による内水氾濫などの河川災害が各地で起こっています。このような災害に対しては、いち早く堤防の変状を把握し、対策を講じていくことが被害低減の観点から必要となります。また、堤防の変状等を早急に把握するためには、災害時の調査だけでなく平常時の調査によるデータの蓄積も大切となります。しかし、災害時における現地調査の危険性の観点、調査に要する人的資源の観点から、人手を介して災害時及び平常時の調査とそのデータ蓄積を遂行することは現実的には困難です。このことから、昨今、自律型UAVがその役割を担うものとして期待されています(図1)。

そこで、自律型UAVを利用した河川調査方法の確立に向けた取り組みの一環として、本研究では、UAV映像による堤防診断の可能性について検討しました。具体的には、月寒川(北海道札幌市豊平区)を対象として、従来の現地での堤防調査を行い、同じ対象区間に対して、4つのパターン(①高度30m・カメラ向き真下、②高度30m・カメラ向き斜め、③高度20m・カメラ向き真下、④高度10m・カメラ向き真下)でUAV(図2)による空撮を行いました。これらの撮影映像から、従来の調査で確認された変状がUAV映像においても確認でき

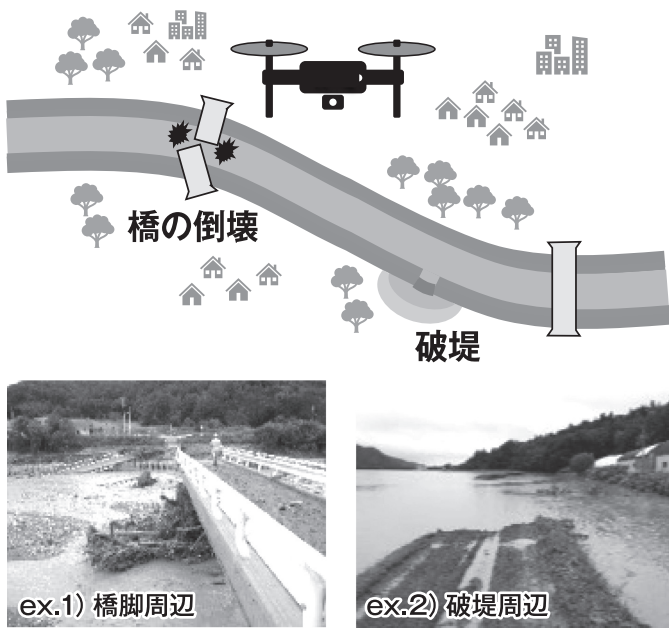


図1: UAVによる災害調査のイメージ

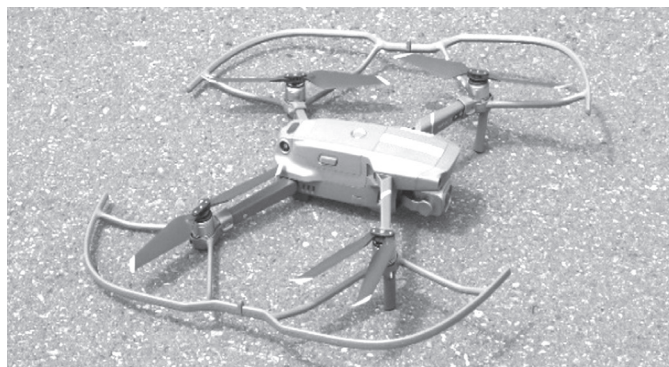


図2: 調査に用いたUAV



図3: 現地で見られた堤防の変状

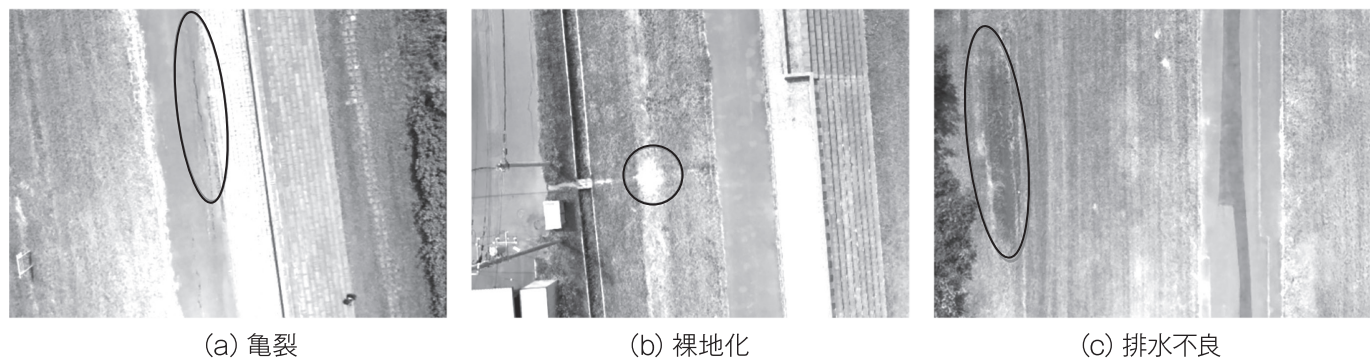


図4: 高度30m・カメラ向き真下のUAV映像からミル堤防の変状

るかの検証を行いました。

現地の堤防診断調査では、亀裂、裸地化、水路の破損、水路の閉塞、目地破損、不陸、排水不良が複数地点で確認されました(図3)。UAV映像では、亀裂、裸地化、水路の破損、不陸、排水不良については、高度30m・カメラ向き真下の映像から確認することができました(図4)。水路の閉塞、目地破損については、高度10mとして撮影した場合のみで確認されており、変状の項目によっては撮影方法を変えるなどの工夫が必要であることが示唆されました。その一方で、現地調査では発見されなかった変状をUAV映像で確認されるケースもあり、空撮による俯瞰的な視点で調査することで、変状の発見につながるというUAVの利点があることもわかりました。

以上のように、UAV映像による河川の堤防診断調査での適用範囲を把握するとともに、その有用性があることがわかりました。現在、上記の調査と並行して、4G機器をUAVに搭載したライブ配信方法についての検討も行っており、今後、リアルタイム配信も含めた遠隔での河川調査手法の確立に向けた取り組みを続けていきたいと考えています。

末筆になりますが、本研究において、株式会社北開水工コンサルタントの田守様、上西様、大山様に堤防調査、UAV映像による堤防診断の検討において多大なご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。



# 河川増水時の基礎地盤の洗堀に着目した橋脚の不安定化メカニズム



客員准教授  
川尻 峻三



教授  
川口 貴之



教授  
中村 大

## Highlights

- 河川流量が変化した際の橋脚の不安定化を再現可能な実験を行いました。
- 大規模出水によって橋脚基礎が洗堀されて地盤反力がほぼ消失し、その後の小・中規模出水で河床材料が再堆積しても地盤反力は回復しませんでした。

近年の洪水における特徴的な被害の一つとして橋脚の傾斜・流失があります。これまでに河川工学や構造工学の観点からの橋脚の不安定化メカニズムについての検討が進んでいますが、橋脚の不安定化の根本的な原因となる橋脚基礎地盤の洗堀や地盤反力低下に着目した地盤工学的な検討例は少ないのが現状です。また、洪水時における橋脚被災では、既往最大の大規模出水では無被災であったものの、その後の小・中規模出水時に被災する事例が報告されています。このような背景から本研究では、流量を変化させた屋内開水路実験を行い、橋脚支持地盤の洗堀と橋脚基礎の地盤反力変化に着目した地盤工学的な橋脚の不安定化メカニズムの解明について一貫して検討しています。本稿では、橋脚基礎周辺に河床材料が再堆積した状況での地盤反力変化に着目した実験結果について報告します。

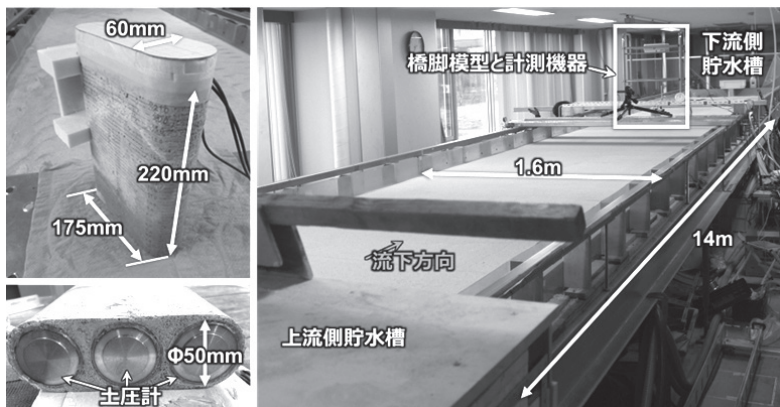


図1：実験に使用した模型橋脚と屋内開水路の概要

図1は本研究で使用した屋内水路の全景と実験に使用した模型橋脚を示しています。水路は延長14m、幅1.6mとなっており、水路の上流・下流端に設けた貯水槽に実験前に水を貯水し、下流貯水槽に設置した排水ポンプによって水を水路内に循環させることで河川水の流れを再現しています。水路の中央部に模型橋脚を設置していますが、この模型橋脚の底面には地盤反力の変化を測定するために土圧計を埋め込んでいます。

図2は実験結果として、実験中に観測した流量 $Q_m$ 、地盤反力 $q$ 、橋軸直角方向の変位 $d_x$ 、橋軸方向の変位 $d_y$ の時間変化を示しています。最初の $Q_m$ の増加で中央部の $q$ のみが急激に大きくなり、さらに $d_y$ が増加しています。これは最初の河川水位の上昇によって橋脚上流側で基礎周辺地盤の洗堀が進行

し、橋脚が「やじろべえ」のような不安定な状態にあることを示しています。その後の小規模な $Q_m$ の条件では、図3に示すように橋脚基礎周辺の洗堀された領域には河床材料が再堆積しました。しかし、図2からわかるように $q$ の分布に変化はなく、「やじろべえ」状態は解消されていません。つまり、大規模出水後の橋梁点検において、橋脚基礎周辺での局所洗堀が確認されてない場合であっても、地盤反力分布は設計とは異なる状態になっている可能性があることを示唆しています。このような状態を見逃した場合には、

大規模出水後の小・中規模出水で橋脚の傾斜や流出が発生することが予想されます。本研究では、洗堀に伴うわずかな橋脚傾斜を感知し、道路利用者にその場で危険性を知らせて道路通行止めを可能にする、危機管理型のモ

ニタリングシステムを北見市内の供用中の橋梁に実装しました。詳細は文献1)をご参照下さい。なお、本研究は、北見市・ダイヤコンサルタント・北見工大の共同研究として実施しました。また、モニタリングシステムの開発には大阪大学 小泉先生、地球観測 藤田氏、エーティック 阿部氏の協力を得ております。末筆ながら記して深甚なる謝意を表します。

## 【参考文献】

- 1) Kawajiri, S., Hikichi, S., Kondo, K., Kagamihara, S., Abe, Y., Koizumi, K.: Observation of pier inclination caused by scouring phenomenon of foundation ground using a large-scale open channel and development of its monitoring system, International Journal of Civil Engineering, Under review.

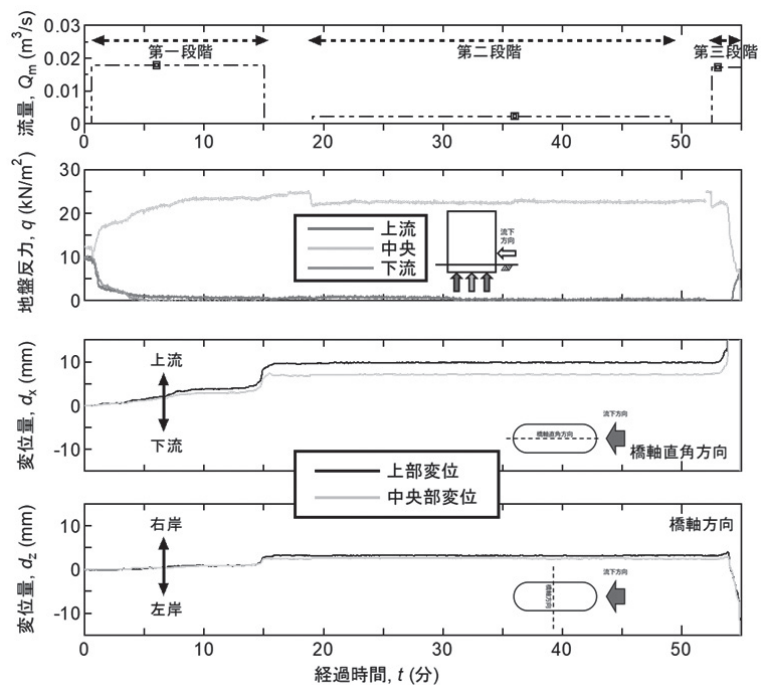


図2：流量を変化させた実験の $Q_m$ 、 $q$ 、 $d_x$ 、 $d_y$ の時間変化

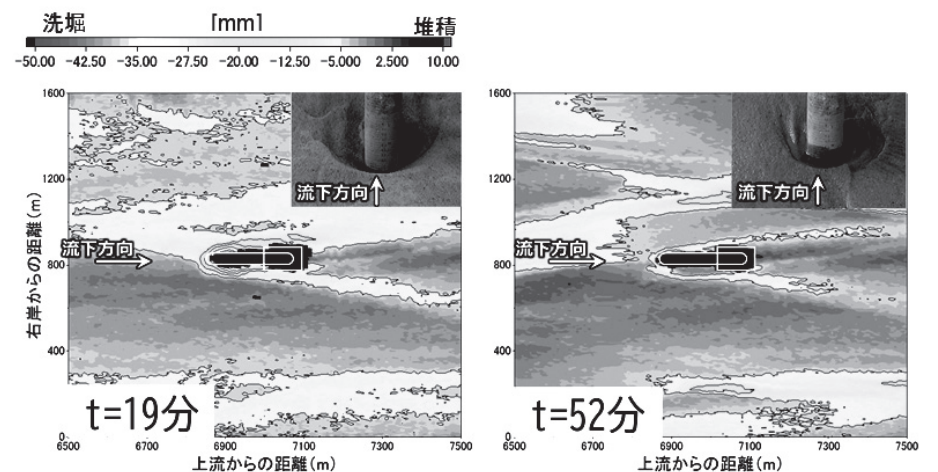


図3：小・中規模出水再現後の橋脚周辺での再堆積状況



# 網部一体型ふとん籠工を用いた洪水に強い橋台背面盛土の検討



客員准教授  
川尻 峻三



教授  
川口 貴之



教授  
中村 大

## Highlights

- 橋台背面盛土の河川増水時の浸食・崩壊対策として、網部一体型ふとん籠工の適用した対策工について検討しました。
- この対策工を適用した模型盛土では、天端崩壊までの時間が遅延しました。

近年の気候変動に伴う洪水規模の増大によって、橋台背面盛土が浸食・流出する被害が多く確認されています。道路橋では、崩落した橋台背面盛土に車ごと転落する死亡事故に至る事例も報告されています。筆者らは橋台背面盛土の被災メカニズムを理解するため、これまでに縮尺比1/30の模型道路盛土に対して被災状況の再現や、様々な河川水位における被災形態の違いに着目した基礎的な開水路実験を行ってきました。本研究では、洪水に強い橋台背面盛土を達成するための対策工として、網部一体型ふとん籠工を再現した模型盛土に対して開水路実験を行い、最適な対策工の配置位置について検討しました。

本実験では、河川右岸側に設置された橋台背面盛土を縮尺模型によって再現するため、最も単純な条件として盛土法面および橋台背面盛土に正面流が作用した場合を想定し、模型盛土を開水路に構築しました(図1参照)。図2は本実験で再現した網部一体型ふとん籠の模型を示しています。この模型ふとん籠は樹脂ネット製であり、28mm×28mm×67mmのかごに長さ72mmの補強材部が設けられています。籠の中には直径2mm程度の碎石を充填することで実物の再現を試みました。この模型同士は上下左右にステンレスワイヤで柔に結合しており、ふとん籠模型の背面(盛土材料と接する部分)には裏込め材の吸出しを防止するために不織布を張り付けました。図3は対策工模型を再

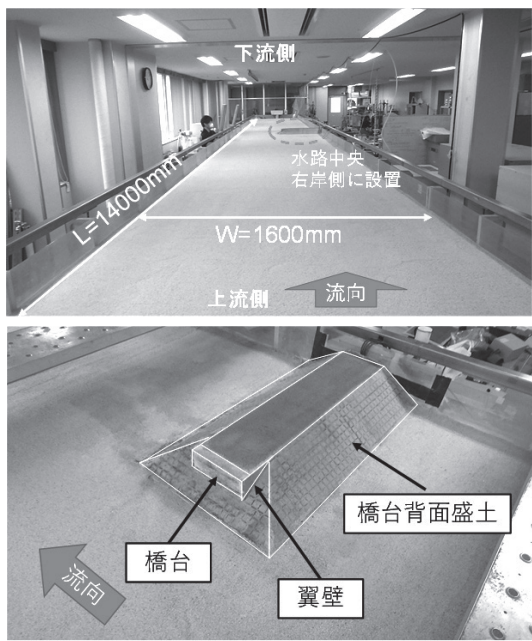


図1: 実験前の開水路及び模型盛土の状況

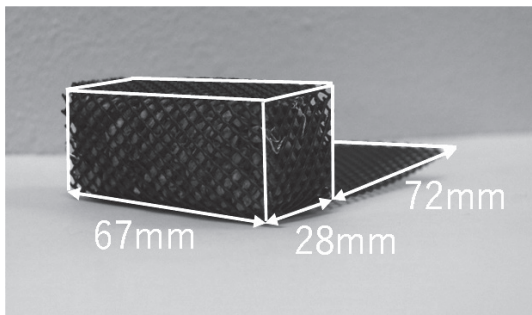


図2: 網部一体型ふとん籠の模型

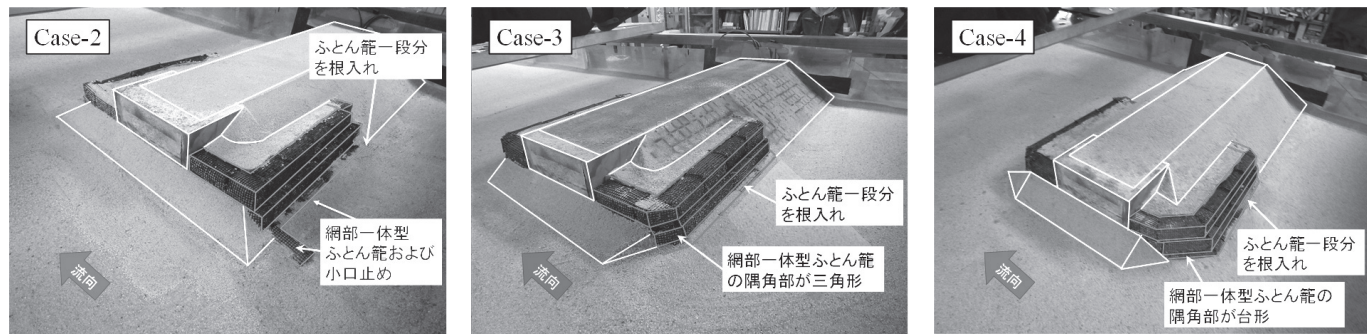


図3: 網部一体型ふとん籠工の配置位置を変化させた模型盛土

現した実験ケースの模型盛土を示しています。実験ケースは、対策工無しを1ケース、対策工有りに対しては隅角部における網部一体型ふとん籠の形状を変化させた3ケースとしました。

図4a)、b)は代表的な実験結果として、無対策のケース(図4a))と盛土崩壊までの時間が最も遅延した対策工を再現したケース(図4b))における上流側から撮影した実験中の模型盛土の状況を示しています。無対策のケースと比較すると対策工を再現したケースでは、盛土法肩部の侵食や天端の完全崩落が発生するまでの時間が遅延し、明確な対策効果を確認できました。

本研究はエターナルプレザーブ株式会社との共同研究であり、実験の一部は科学研究費補助金(21H04577、代表:二瓶泰雄)の助成を受けて実施しました。また、対策工法の模型で使用した不織布は、小泉製麻株式会社安立剛士氏と大西郁氏から快くご提供頂きました。末筆ながら記して深甚なる謝意を表します。

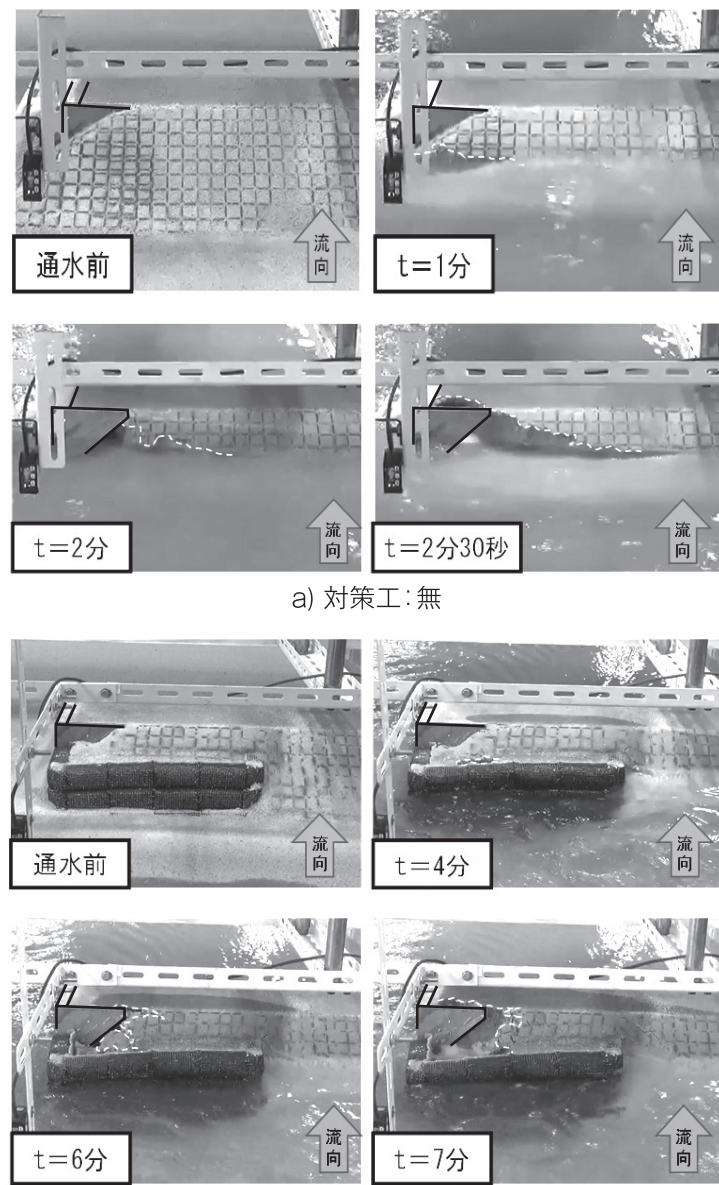


図4: 対策工の有無での模型盛土の浸食・崩壊過程



## 被災時における抗土圧構造物の 新たな健全性評価手法と 修復技術に関する検討



### Highlights

- 壁表側で補強材を連結する補強土壁の新たな健全性評価手法を開発しました。
- 壁表側で連結した補強材を活用することで、既設補強材の健全性を確認しながら効率的かつ経済的に修復できることを確認しました。

補強土壁とは、垂直もしくは垂直に近い壁面工と補強材から構成され、壁面工に作用する土圧と盛土内に敷設した補強材の引抜き抵抗力和の釣合いによって安定を保つ土留め構造物です。従来の重力式のコンクリート擁壁に比べて経済性や施工性に優れるだけでなく、高い耐震性も有しており、特に用地・地形の制約を受ける箇所では有効な工法となっています。ところが、設計要領の中には、補強土壁はある程度の変形が伴うものであり、施工時の品質管理がとても重要であることや、維持管理が難しいと明記されているものもあります。実際、補強土壁の維持管理は一般に壁面材の損傷や開き、盛土材のこぼれ出し、壁面鉛直度（出来高管理基準値である壁高の3%かつ300mmを流用することが多い）などの確認によって行われていますが、例えば地震や豪雨によって被災・変状した際に、これら外見上の情報だけから現況の健全性を的確に診断し、隣接道路を通行止めにするか否かを判断することは極めて難しいのが実情です。さらに、先述の設計要領では、補強土壁は修復が困難であるとの指摘もされています。現に、修復する際には、現況の健全性（安全率）を定量的に把握することができないため、修復範囲の決定はとても難しく、既存補強材の抵抗力を期待しない（無視した）大規模な修復や撤去・再構築にならざるを得ないのも実情です。

そこで本研究では、上記の目的を達成するのに現状で最も構造的な優位性があると考えたアンカー補強土壁に着目し、壁表側で補強材を連結することで竣工後も補強材抵抗力の計測を可能にした健全性評価手法、更にはこの抵抗力の計測結果を活用した修復技術について検討しました。

写真1は壁表側で補強材を連結したアンカー補強土壁において、竣工直後に連結部のナットをわずかに回転させる際のトルクを計測している様子です。部分的にセンターホール型の荷重計を設置して、計測した補強材の現況引張力とトルクを比較した結果、このような計測によって得られたトルクから現況引張力を把握できることが分かりました。さらに、補強していないダミー補強材に対して、ナットを回

し続けることで引抜き試験を実施し、そこで得られた最大引張力（トルク）としました。この最大引張力と先ほどの現況引張力（トルク）とを比較したところ、その差異は良質な地盤材料で構築した方が大きくなることが明らかとなり、この差異から補強材の健全性、すなわち補強土壁の健全性を評価しうることが明らかとなりました。

写真2は修復技術に関する検証用に構築した高さ5mの補強土壁の全景です。連結した補強材の計30カ所の内、14カ所に荷重計を設置し、補強材抵抗力を常時計測しています（写真中の白色○）。また、各壁パネル間は連結可能となっています（写真中の連結金具）。今回の実験では、連結方法が異なる3種類の条件下で、隣接する2枚の壁パネルにおける増設補強材（以下、連結増設補強材）を連結し（写真中の黒色○）、補強材増設に伴う周辺連結補強材の引抜き抵抗力的変化を計測しました。連結増設補強材を壁パネルと連結し、引張力を上昇させた結果（写真中の黒色○）、計測している全引張力の合計（黒色○、白色○計測値

の合計）は上昇し、壁全体の安定性は向上することが明らかとなりました。一方、連結増設補強材周辺に近い連結補強材の計測値は減少し、引き抜けに対して余裕が生まれることも分かりました。さらに、減少する引張力の範囲は壁パネルどおしを連結している方が幾分広くなりましたが、それほど大きな違いは生じないことも分かりました。これらの結果から、被災時などに補強土壁が変状した際、壁表側で連結した補強材の引張力を計測しながら、地山補強土工などによって実質的な補強材の数を経済的かつ効率的に増やしていくことは十分に可能であることが明らかになったと考えています。



写真1：竣工後の計測の様子

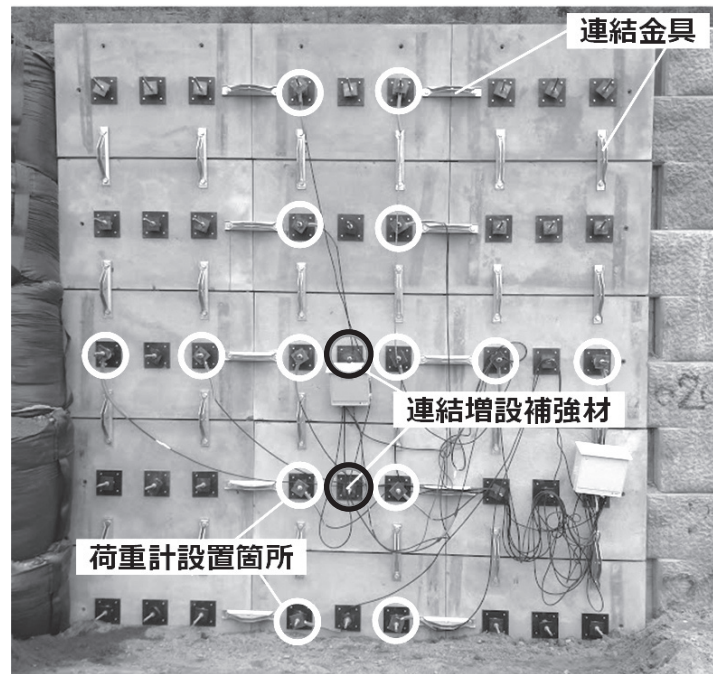


写真2：修復技術検証用の実大補強土壁



# 基礎地盤の3次元的な土質構成が水位上昇による小規模噴砂発生時の堤防水理挙動に及ぼす影響



客員准教授  
川尻 峻三



教授  
川口 貴之



教授  
中村 大

## Highlights

- オホーツク地域創生研究パークで実大試験堤防に対する湛水実験を行いました。
- 噴砂発生時には裏法尻部において静水圧を超える間隙水圧が発生しました。
- 基礎地盤最下層の礫層が隆起しおり、上向き浸透流の発生が予想されました。

現行の河川堤防の設計における基礎地盤のパイピングに対する安全性照査は、線形構造物である河川堤防の代表断面を決定して2次元断面に対する飽和・不飽和浸透流解析を行い、局所動水勾配の大きさを照査します。しかし、パイピングによって堤防決壊した事例では、決壊箇所周辺の土質構成が3次元的に変化していることが報告されています。パイピングの発生危険度の予測向上には、土質構成とそれに起因する土中の水理挙動の3次元効果の定量的な評価が課題です。このような背景から本研究では、堤内地盤の土質構成を3次元的に変化させた試験堤防の湛水実験に対し、3次元飽和・不飽和浸透流解析による再現計算を行い、パイピングの前兆現象である噴砂発生時の堤体および基礎地盤の水理挙動について考察しました。

図1は本研究で解析対象とする試験堤防の概要を示しています。堤体は高さ2m、法面勾配1:2、幅2mであり、シルト質土で構成されている。基礎地盤は厚さ1mとし、0.5mずつ砂質土と礫質土で構築されています。堤内地盤の大部分は堤体土と同じシルト質土としましたが、裏法尻付近の堤内地盤では局所的な土質構成の違いが間隙水圧挙動に与える影響を把握するために基礎地盤の砂質土の一部（厚さ0.2m、長さ0.6m、幅0.5m）を堤内地盤に露出させています。図2は湛水実験前の試験堤防の状況を示しています。湛水実験は2回実施しました。1回目は0.25m/時間の速さで河川水位を0.7m（堤防高さは2m）ま

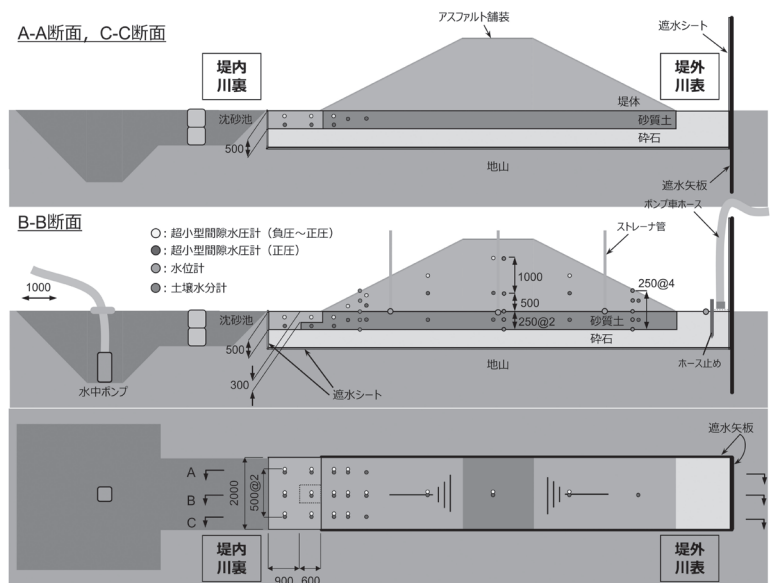


図1：解析対象とした実大試験堤防の概要

で、2回目は1回目の実験の翌日に1.00m/時間で河川水位を2m（堤防天端）まで上昇させました。図3は1回目の湛水実験に裏法尻で確認された小規模噴砂の発生状況を示しています。図4はこの小規模噴砂発生時の地盤内の間隙水圧分布を示しています。

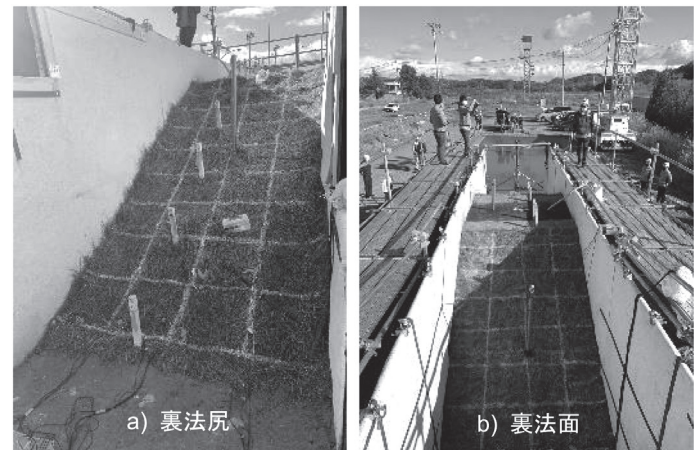


図2：湛水実験前の試験堤防の状況



図2：噴砂の発生状況

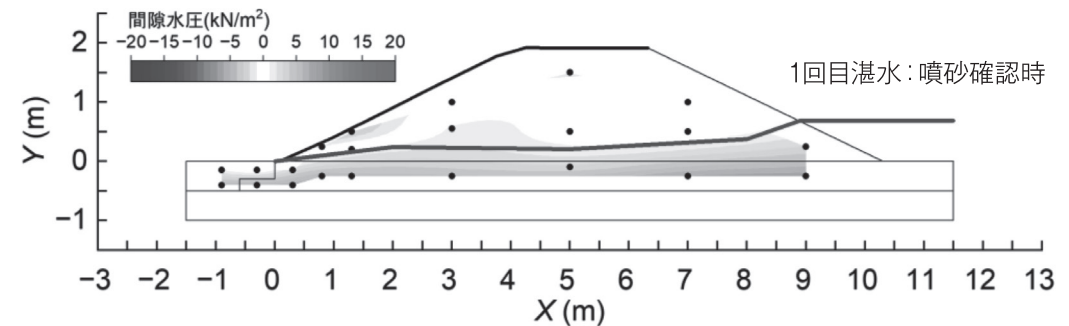


図4：湛水実験前の試験堤防の状況

す。噴砂が発生した裏法部付近の基礎地盤では、間隙水圧が静水圧以上の値となっており、礫層から裏法尻方向への上向き浸透流の発生を示唆する結果を得ることができました。図5は湛水実験後に実施した開削調査での裏法部付近の断面を示しています。基礎地盤最下層部の礫層の隆起が確認でき、上向き浸透流が発生したことを伺わせています。

本研究での実験実施にあたり、北見河川事務所とSAFERが締結している連携協定を活用しました。試験堤防の築堤と湛水実験の実施には、美幌貨物自動車の宇野保氏から多大なご協力を頂きました。また、科研費20H02405（研究代表者：九州工業大学 川尻峻三）と科研費20H00266（研究代表者：九州大学 安福規之）の助成を受けて実験を実施しました。記して深甚なる謝意を表します。

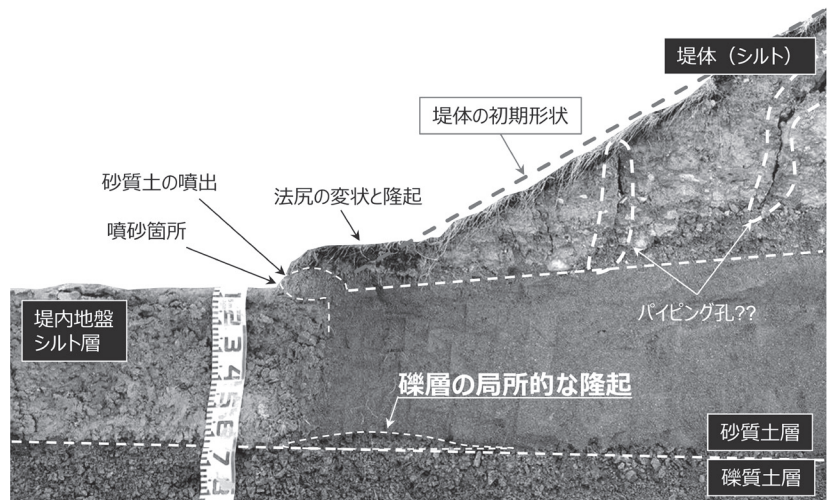


図5：湛水実験後の裏法部付近での開削断面



# 原位置で土の強度定数の把握が可能なベーンコーンせん断試験の適用性

## Highlights

- 原位置で粘着力と内部摩擦角を取得可能なベーンコーンせん断試験を実施しました。
- 実大試験堤防の湿潤化に伴い、土の粘着力と内部摩擦角が低下しました。
- 降雨浸透による土の強度低下を原位置で把握することができました。



客員准教授  
川尻 峻三



教授  
川口 貴之



教授  
中村 大

盛土や切土などの地盤構造物の法面の安定性は、円弧すべりを仮定した安定解析によって照査する場合があります。この安定解析では地盤構造物の強度パラメータとして、粘着力 $c$ と内部摩擦角 $\phi$ を設定します。これらの強度パラメータ（以下、 $c$ 、 $\phi$ ）とする）は、一般には土質特性に応じて設定した排水条件下で三軸圧縮試験を行って推定します。しかし、近年の記録的な降雨で発生している法面の比較的表層で発生するようすべり破壊では、すべり面が表層付近であるため、この地点での強度パラメータを推定する場合には、低拘束圧条件で三軸圧縮試験等の力学試験を実施することが望まれますが、これは通常の試験装置では困難な場合があります。そこで本研究では、比較的深度が浅い地盤の強度パラメータを原位置で測定可能なベーンコーンせん断試験（以下、VC試験）の適用性を調べるために、実大試験堤防への散水実験中にVC試験を行い、降雨浸透に伴う堤体土の飽和度上昇と強度パラメータの変化を観察しました。さらに得られた強度パラメータを用いて有限要素解析に基づく安定解析を行い、散水実験中の変位量や安全率の推移について検討しました。

図1は本研究のVC試験で用いた試験機器の全体構成を示しています。また、図2はVC試験の実施

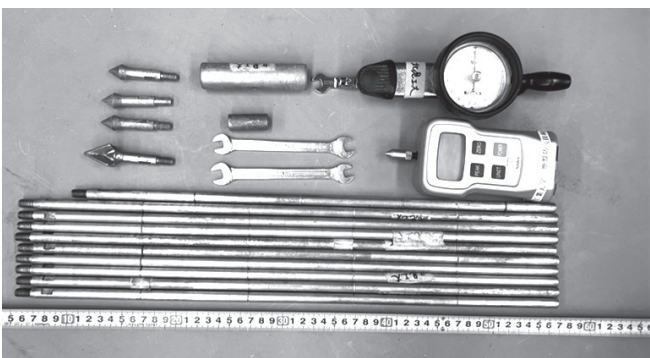


図1：VC試験の試験機器の全体構成

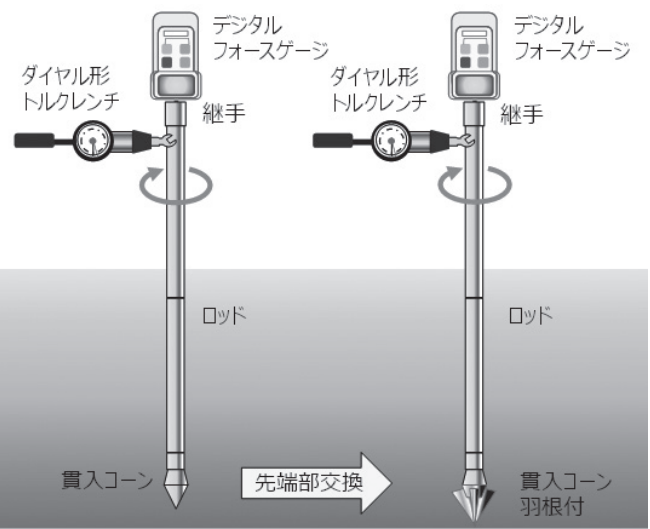


図2：VC試験の実施方法

方法の概要を示している。VC試験では、①円錐状先端コーンを取り付け対象地盤内に挿入し、②ロッドの上部に取り付けられた鉛直荷重計で所定の荷重を載荷する。③トルクレンチによってロッドを所定の速度で回転させて最大トルクを富取ります。次に④円錐状先端コーンをベーンコーンに交換し対象地盤に挿入後、②～③の作業をいくつかの鉛直荷重 $W_{vc}$ に対して実施し、複数の $W_{vc}$ と最大トルク $T_{vc}$ の関係を取得し。得られた $W_{vc}$ と $T_{vc}$ を経験式によって換算して( $c$ 、 $\phi$ )を推定します。本研究ではこのVC試験の適用性を確認するため、図3に示す実大試験堤防への散水

試験中の任意時間においてVC試験を行い、降雨浸透によって地盤内の水分量が増加する過程程度の強度パラメータの変化の観察を試みました。散水実験の散水量は時間雨量5mm/hを2時間、10mm/hを21時間、20mm/hを5時間与えました。図5は任意の観測時間で得られた各地点でのVC試験から得た( $c$ 、 $\phi$ )の平均値と、VC試験実施箇所近傍で採取した乱れの少ない土試料から得た飽和度 $S_r$ の平均値を整理したものです。 $c$ および $\phi$ の平均値は $S_r$ の増加に伴い減少していることが確認できます。特に $c$ については、 $\phi$ と比較すると $S_r$ の増加に対する低下量が顕著です。つまり、降雨浸透による試験堤防の湿潤化に伴う強度パラメータの低下をVC試験によって、原位置で把握できたと言えます。

本研究は令和3年度国土交通省水管理・国土保全局河川砂防技術研究開発の助成を受けて実施しました。実大試験堤防実験の実施では、北海道開発局釧路開発建設部 濱中氏、大串氏、開発工営社 鈴木氏、不動氏から多大なご協力を得ました。記して深甚なる謝意を表します。

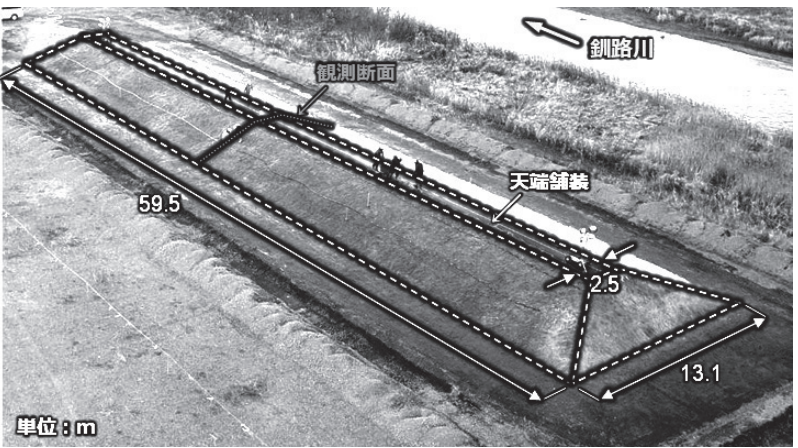


図3：試験堤防の全景

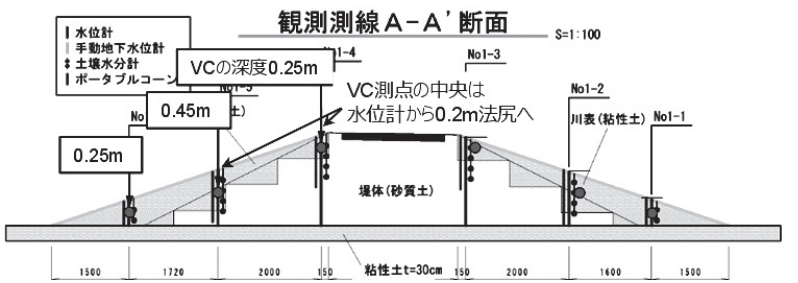


図4：VC試験の実施地点

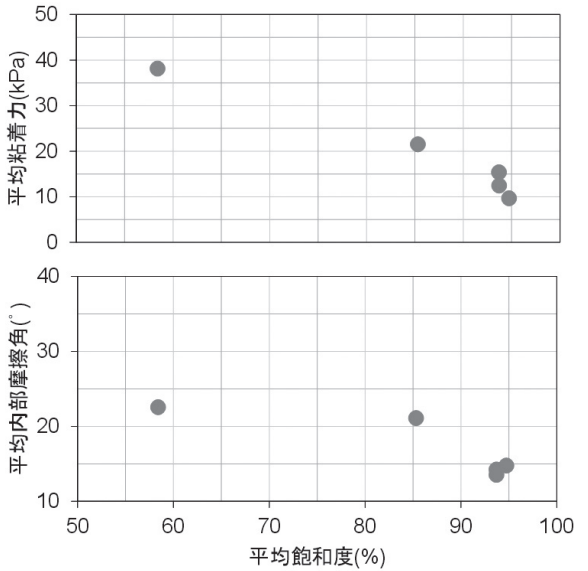


図5：実験中の強度パラメータの変化



# 植生工を施した模型盛土 斜面の降雨浸透特性



教授  
中村 大



教授  
川口 貴之



客員准教授  
川尻 峻三

## Highlights

- 植生工を施した模型盛土斜面を構築し、その雨水浸透特性を明らかにしました。
- 植生工を施した斜面では、裸地斜面に比べて、雨水が斜面表面でより多く流れ、雨水が盛土ののり肩側へ浸透するのを抑制できていることが確認できました。

のり面保護工の一つである植生工は、のり面表層に草本植物を生育させることで、雨滴による衝撃や表流水の流速を緩和して、のり面の侵食を防止する工法です。また、雨水の地盤深部への浸透を低減し、土の強度低下や自重の増加を抑制することも期待できます。そこで本研究では、植生工を施した模型盛土斜面を構築し、それぞれの雨水浸透特性について明らかにすることを試みました。

図1は模型盛土斜面の断面図です。構築した模型盛土斜面は、のり面保護工を施さない裸地斜面と、表面に張芝工を施した斜面（以下、張芝工）の2種類です。地盤材料には美幌の火山灰を用いました。斜面の寸法は高さ80cm、勾配1:1.5です。盛土斜面には、水分挙動を把握する目的で、多数の土壌水分センサと温度センサを埋設しました。また、降雨時の盛土斜面の自重の変化を計測するため、荷重計も設置しました。模型土槽の底部には硬質の排水材が設置されているため、盛土斜面内には

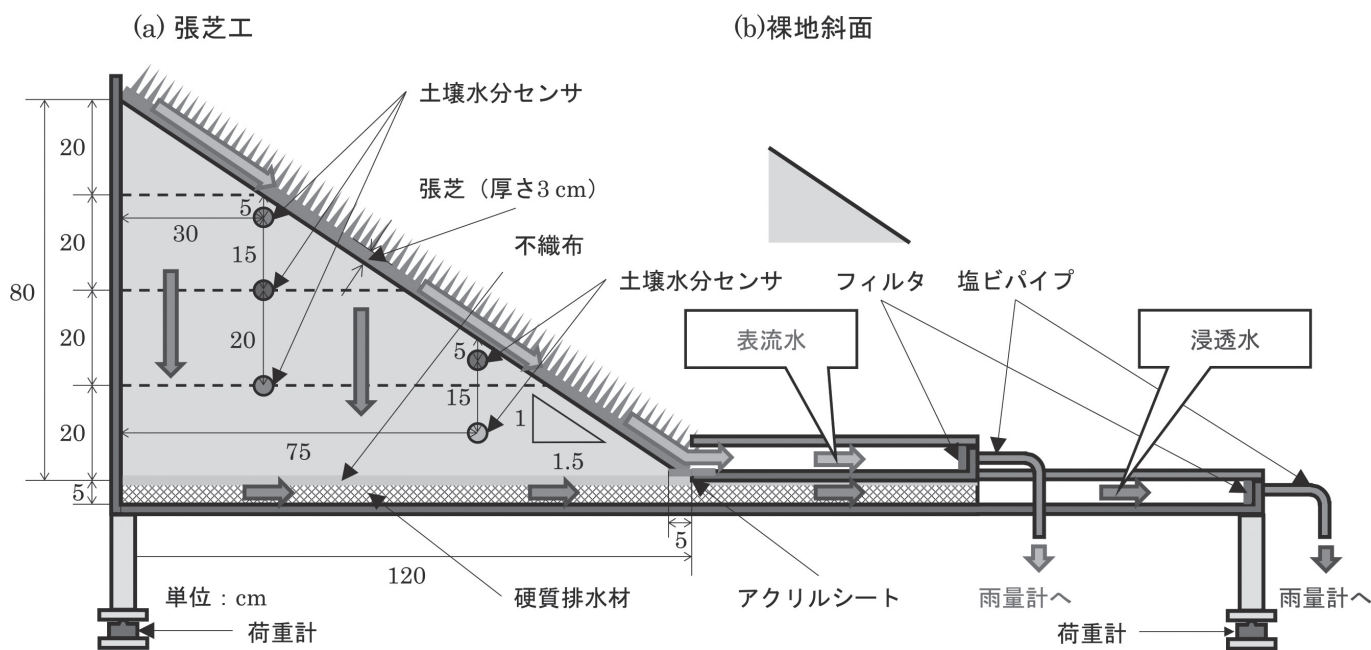


図1：模型盛土斜面の断面図

水位は形成されず、浸透した雨水（以下、浸透水）を回収できる構造になっています。また、斜面表面を流下した雨水（以下、表流水）も、のり尻部分から別途回収できる構造となっています。回収した浸透水、表流水はともに転倒ます型の雨量計で計量しました。模型盛土斜面の施工は2022年8月26日に実施しました。ここでは、計測期間中で発生した最も降雨量の多かったイベントについて紹介します。

図2は2022年9月19日から9月22日にかけて発生した降雨イベントにおける降水量と土壌水分センサから得られた体積含水率 $\theta$ の推移を比較したものです。裸地斜面では全てのセンサが降雨に反応して、 $\theta$ が上昇していることが確認できます。また、のり肩では時間経過に伴って、盛土深部のセンサが徐々に上昇していることがわかります。一方で、張芝工ではのり尻においてのみ、 $\theta$ が上昇しており、のり肩では $\theta$ の上昇が全く見られません。このことから、張芝工では雨水がのり肩では浸透せず、表流水として植生上を流れてのり尻部分で浸透したと推測できます。

図3は同降雨イベントにおける表流量および浸透水量と土槽質量の経時変化を、裸地斜面と張芝工で比較したものです。図から、浸透水量は同程度であるものの、表流量は植生工の方が多く、その分だけ土槽の質量が小さくなっていることがわかります。このことから、植生工は斜面表面において雨水を表流水として流すことで、盛土深部への浸透を低減していることが確認できました。

以上の計測により、植生工が雨水の地盤深部への浸透を低減し、土の強度低下や自重の増加を抑制していることが確認できました。今後も研究を継続し、植生工が有する環境にやさしい地盤災害の予防効果について明らかにしていきます。

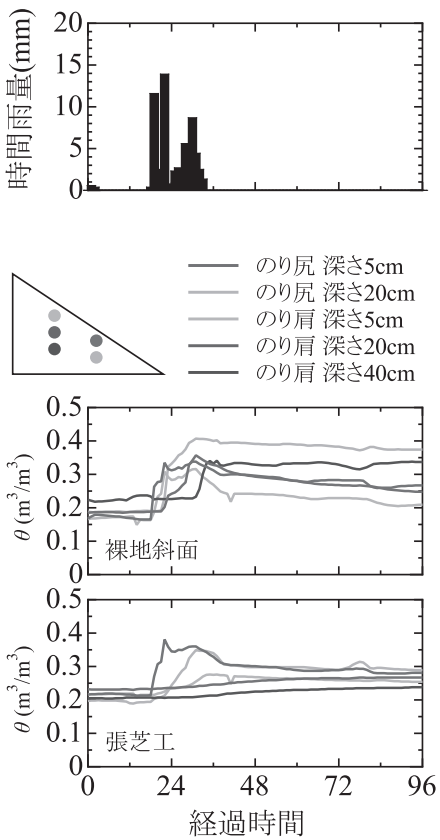


図2：体積含水率 $\theta$ の推移

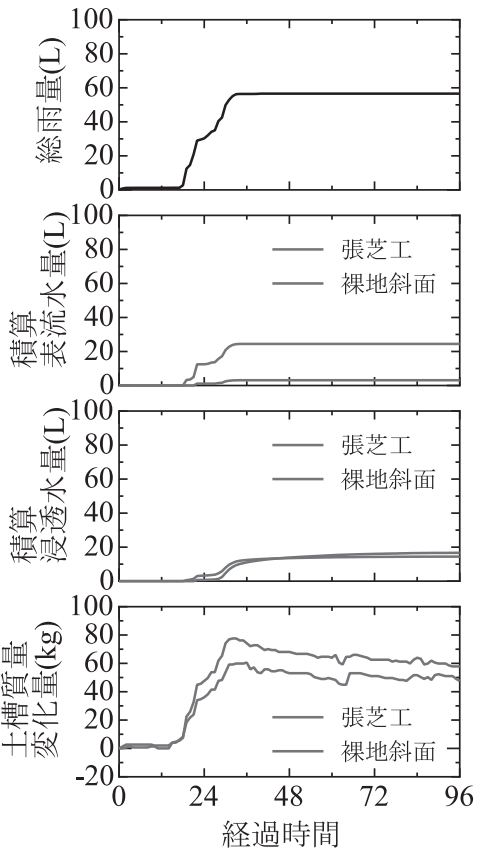


図3：表流量および浸透水量と土槽の質量の経時変化



# 自治体間連携による地域特性を考慮した老朽化橋梁の戦略的維持管理システムの構築 (3)



助教  
門田 峰典



名誉教授  
三上 修一



教授 (R4.9月まで在籍)  
宮森 保紀

## Highlights

- 老朽化が進む市町村管理の小規模橋梁のデータ分析を進めています。
- 点検台帳では不明な橋の内部情報を得るためレーダスキャナを活用しました。
- 小規模コンクリート橋の劣化傾向の違いを分析しました。

老朽化が進行する一方、維持管理が課題となっている地方自治体の橋梁について、これまでの定期点検で蓄積されたデータを活用して、より合理的で効率的な維持管理手法を確立することを目指しています。今年度はコンクリート系の小規模橋梁であるプレテン中空床版橋に着目して、点検調書を補完する簡便な検査手法を応用して、より詳細なデータを得るとともに健全度の推移を比較しました。

図1のようなプレテン中空床版は、時代によって各社独自のメーカーホロー桁や、建設省やJIS規格の標準設計が制定されています。橋の点検では、規格に関係なく1つの形式として記録されますが、時代ごとに設計荷重や構造の詳細が異なり、劣化傾向にも違いが生じることが考えられます。

今年度は点検調書のデータだけで規格が分類できない場合に、コンクリート内部のPC鋼材の本数や間隔から規格を推定するため、図2のように鉄筋コンクリート用のレーダスキャナの活用を試行しました。また、桁間の間詰コンクリートの施

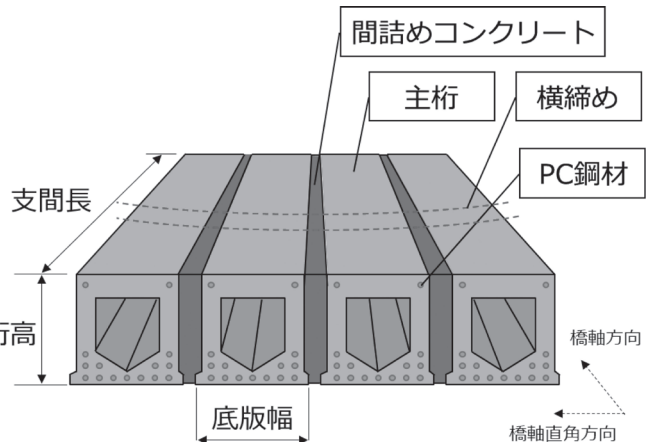


図1：プレテン中空床版橋

表1：プレテン中空床版橋の細分類と橋梁健全度の違い

| 規格  |                                          | 製造年代        | 型式数 | 分類<br>結果 | 橋梁健全度 |      |
|-----|------------------------------------------|-------------|-----|----------|-------|------|
|     |                                          |             |     |          | 平均    | 標準偏差 |
| I   | メーカーホロー桁                                 | 1960 頃～1996 | 31  | 8        | 81.1  | 7.4  |
| II  | 建設省標準設計                                  | 1975～1991   | 1   | 1        | 69    | 0    |
| III | JIS A 5313 <sup>-1991</sup>              | 1991～1995   | 1   | 13       | 78.3  | 6.5  |
| IV  | JIS A 5313 <sup>-1995</sup> , JIS A 5373 | 1995～現在     | 3   | 42       | 86.8  | 7.6  |
| 不明  | —                                        | —           | —   | 34       | 80.7  | 8.4  |
| 計   |                                          |             | 36  | 98       | 82.9  | 8.4  |

工方法の違いもデータに加えました。このような分類手法で北見市内の98橋を表1のように分類しました。表1から製造年代が新しい橋梁の方が、健全度が高い傾向にあることが確認できます。IIの建設省標準設計は健全度が低いもののサンプル数が少なく、今後は他市町村のデータも分析を進めます。

点検調書には橋梁の形状や設計、劣化状況などのデータが記録されており、それらの関係を分析しました。例えば自動車の荷重である設計活荷重は1993年まではTL-20、TL-14が、それ以降はB活荷重、A活荷重が規定されています。図3の分析結果では設計荷重がより重いTL-20とB活荷重の健全度がより低くなっていました。また、表2の2013年度と2020年度の比較では、全体的に健全度が低下し、経年劣化が進んでいることが確認できます。

今後は、分析対象とする橋梁を増やし、他の自治体にも適用することで、オホーツク地域全体の効率的な橋梁維持管理に役立てる予定です。

本研究の実施に際して、データを提供いただいた自治体やコンサルタント会社の皆様、PC橋に関する資料や助言をいただいたPCメーカーの皆様に感謝いたします。

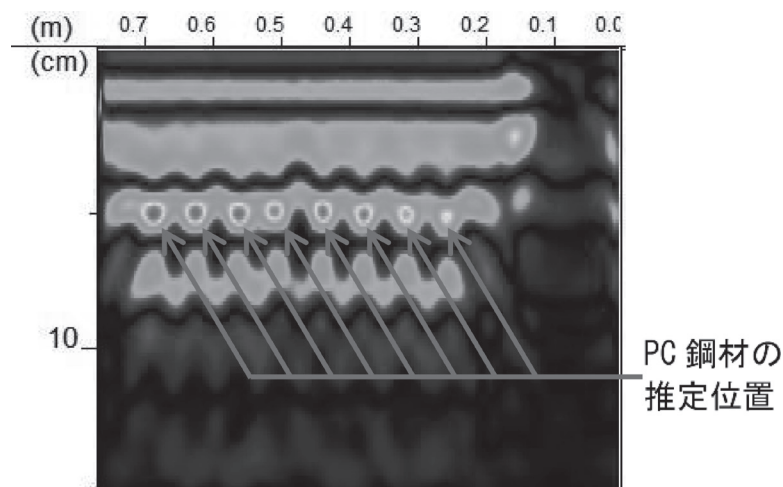


図2：レーダスキャナの探査結果

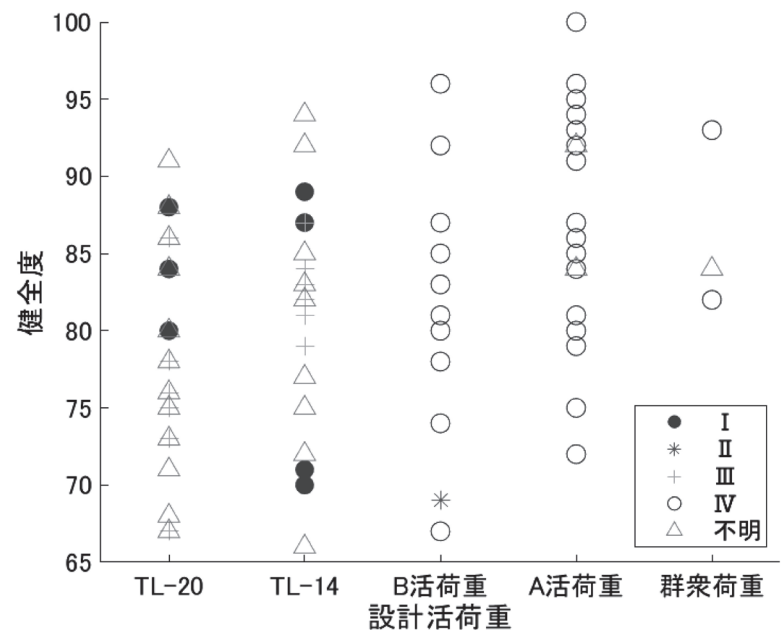


図3：設計活荷重と健全度 (2020年)

表2：設計活荷重ごとの橋梁健全度の推移

| 設計活荷重 | 橋梁数 | 2013 年度橋梁健全度 |      | 2020 年度橋梁健全度 |      |
|-------|-----|--------------|------|--------------|------|
|       |     | 平均           | 標準偏差 | 平均           | 標準偏差 |
| TL-20 | 30  | 86.0         | 5.0  | 78.2         | 6.7  |
| TL-14 | 21  | 88.4         | 4.8  | 81.2         | 8.0  |
| B 活荷重 | 13  | 90.7         | 6.6  | 82.0         | 8.5  |
| A 活荷重 | 30  | 87.5         | 8.4  | 88.3         | 7.1  |
| 群集荷重  | 3   | 92.3         | 8.6  | 86.3         | 5.9  |



# 構造ヘルスモニタリングによる横断歩道橋のデッキプレート床版に生じる腐食損傷の把握



助教  
門田 峰典

## Highlights

- 創生パークに振動実験用の供試体を設置しました。
- 振動実験の結果、損傷による固有振動数の低下を確認しました。今後は、振動モード形状の違いを踏まえて、損傷と振動特性の関係性を明らかにしていきます。

横断歩道橋は、交通量が多い道路や線路を交差するため、点検時には夜間規制を実施し、高所作業車による近接が基本となります。ゆえに、時間の制約があること、高い安全管理が求められること、コストがかかることから、横断歩道橋の維持管理は手間がかかります。横断歩道橋は主に鋼部材で構成され、凸凹した形状となることから、滞水による腐食が顕著に生じやすい傾向があります。特に、床版を形成するデッキプレート上面は、舗装の劣化に伴う雨水の浸透により、目視困難な部位で腐食が発生します。これに対し、点検では、舗装表面と床版下面の変状の関係性から床版の健全度を判定しており、正確な診断ができていません。そこで本研究部門では、構造物の振動特性の変化から、部材の変状を検出しようとする構造ヘルスモニタリング (Structural Health Monitoring: SHM) に着目し、目視困難となるデッキプレート床版の健全度を効率的に把握する手法を検討しています。

供試体の製作過程を写真1に示します。工場で製作した鋼部材を創生パークに搬入した後、損傷（腐食による減肉）をグラインダーにて模擬しました。コンクリートおよびモルタルを打設後にアスファルトモルタルを施工し、令和4年11月4日に完成しました。

振動実験は、デッキプレート切削前後および完成形の3フェーズに対して実施しました。加振方法は、ハンマーによる加振および人力加振です。図1は、代表して切削前後の100Hzまでの卓越振動数を示しています。また、図中には、切削前後で変化があった振動数を表示しています。この結果、切削前よりも切削後の方が卓越振動数が減少する傾向が見られました。固有振動数は、質量と部材剛性に影響を受けることがわかっており、損傷によって固有振動数が低下したと考えることができます。今後は、完成形についても同様に固有振動数を把握するとともに、振動モード形状の違いを踏まえて、損傷と振動特性の関係性を明らかにしていきます。

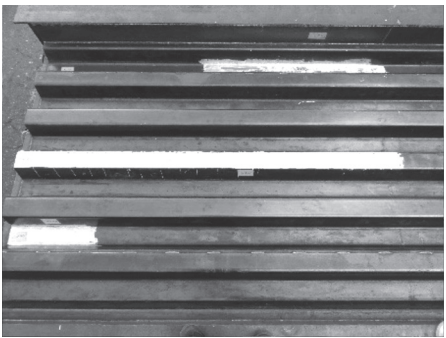
本実験は、日本航空電子工業（株）との協働で実施しております。高精度な加速度センサにより、高次の振動領域まで捉えることができました。ここに感謝の意を表します。



a) 鋼部材の搬入



b) 損傷の模擬



c) 損傷の全体写真



d) コンクリート打設

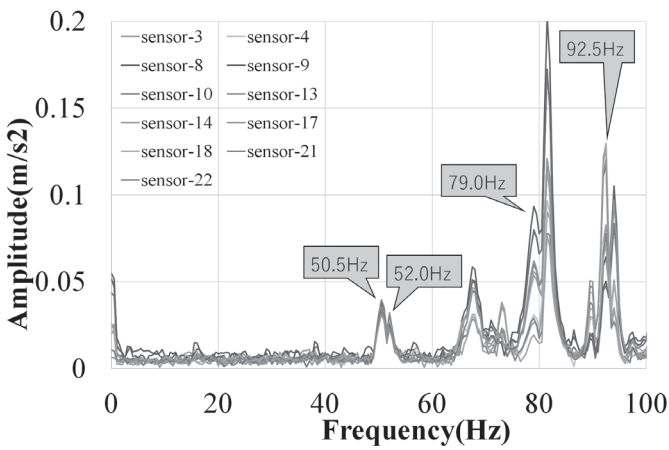


e) モルタル打設

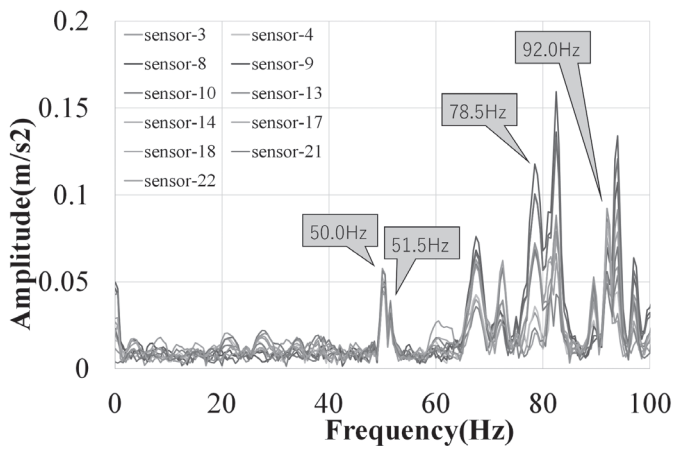


f) 舗装施工

写真1：供試体の製作過程



a) 切削前



b) 切削後

図1：切削前後での固有振動数の変化



# 寒中における橋梁工事の効率化に資する耐寒無収縮モルタルの開発

## Highlights

■ 市販の無収縮モルタル(グラウト材)をベースとして、亜硝酸リチウムとアルミニウム粉末を混合使用することで、氷点環境下における強度発現性と無収縮性を保持できることを明らかにしました。

寒中のグラウト工事では、低温をもたらすグラウトの初期凍害や強度発現の遅れが問題となるため、グラウト施工を避けざるを得ないケースが多いのが現状です。例えば、橋梁の沓座基礎に用いられる無収縮モルタルの施工においては、施工前にその土台となる橋台全体を予め給熱

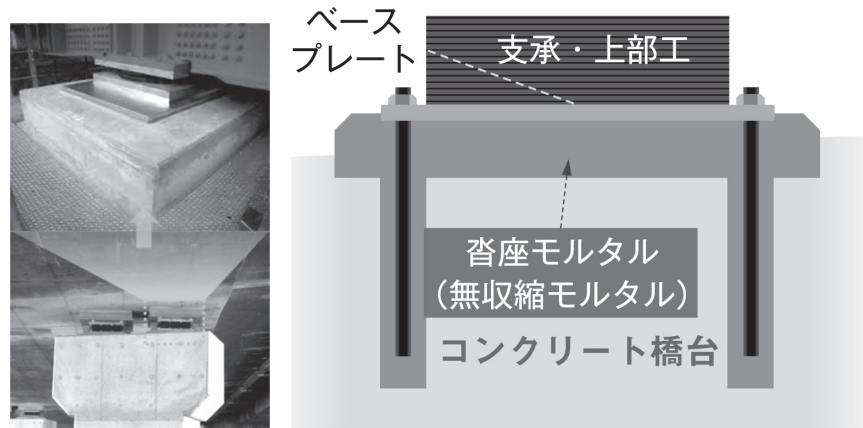


図1: 沓座モルタル (無収縮モルタル)

して暖めておく必要があります、寒中におけるグラウト工の困難さ故に春先まで工期を延期せざるを得ず、通年施工の大きな障害となっています(図1)。そこで本研究では、寒中におけるグラウト工の通年化に資する新たな方策として、“亜硝酸リチウム(LN)”の耐寒性に着目し、氷点下において特別な養生をせずとも凍結しない無収縮モルタルの開発に取り組みました。

まず市販の無収縮モルタルをベース材として、これにLNを添加した場合の氷点環境下(−10℃)での強度発現性を確認しました(図2)。LNを添加したケースでは、7日間の−10℃養生下においても強度発現が確認され、その後+20℃環境にて回復養生すると材齢28日で60N/mm<sup>2</sup>を超える強度が得られました。これに対してLN無添加のケースでは−10℃養生下では、ほとんど強度が得られず、+20℃の回復養生後の強度発現も低下傾向にありますので、練混ぜ直後から氷点下に曝されたことで無収縮モルタル中の液相が凍結し、いわゆる“初期凍害”を引き起こしていると考えられます。

一方、無収縮モルタルの重要な性能である“無収縮性”を膨張率試験(JSCE-F 535を参考にメスシリンドラーを用いて測定)にて確認したところ、型枠への打込み直後から材齢1日までの間に収縮側に挙動することを確認しました。セメントと水の反応生成物の体積は、反応前の各体積の和に比べて小さ

いため、水和の進行とともに収縮が生じます。そのため市販の無収縮モルタルには硬化過程で生じる収縮を抑えるために、アルミニウム(AL)粉末や膨張材が添加されています。特にAL粉末はセメントの水和によって生成される水酸化カルシウムとの反応により水素ガスを発生する際の膨張作用を発揮するもので、打込み直後から凝結・硬化の過程での水和収縮を抑える役割を担います。しかし、低温環境下ではセメントの水和が遅れることからAL粉末の反応が緩慢となり、結果として期待する収縮抑制効果が得られなかったものと考えられます。

そこで本研究では、LNを添加することにより、無収縮モルタルの氷点下での強度発現性を確保した上で、無収縮性を保持するための方策としてAL粉末の追加添加を検討しました。その結果、本実験の養生および配合条件下においては、AL粉末を0.15%添加することで無収縮性を保持できる(図3)とともに、橋梁工事等に使用される無収縮モルタルの規格値を満足できるだけの良好な強度発現を示す(図4)ことを確認しました。ただし、AL粉末による膨張作用は温度依存性が高いことが知られていますので、養生温度条件毎に強度発現と無収縮性を保持できるLNとAL粉末の最適な添加率についてさらに検討を進める予定です。

なお、本研究は日本高圧コンクリート・日産化学・北見工大の共同研究により実施されました。ここに記して深甚なる謝意を表します。

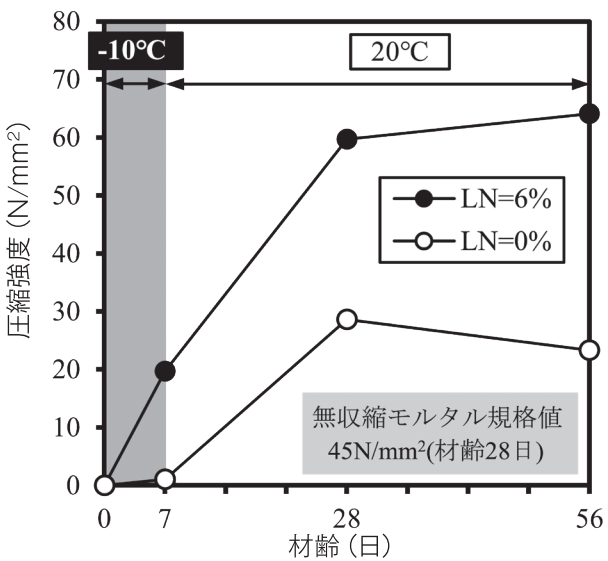


図2: 圧縮強度 (LN添加の影響)

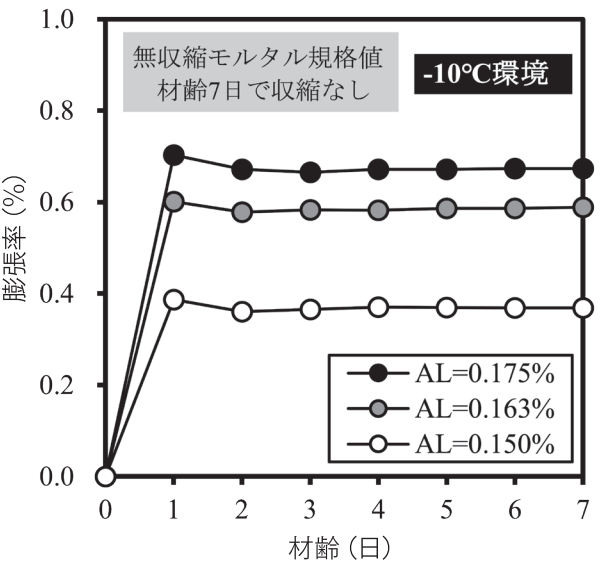


図3: 膨張率 (AL添加の影響)

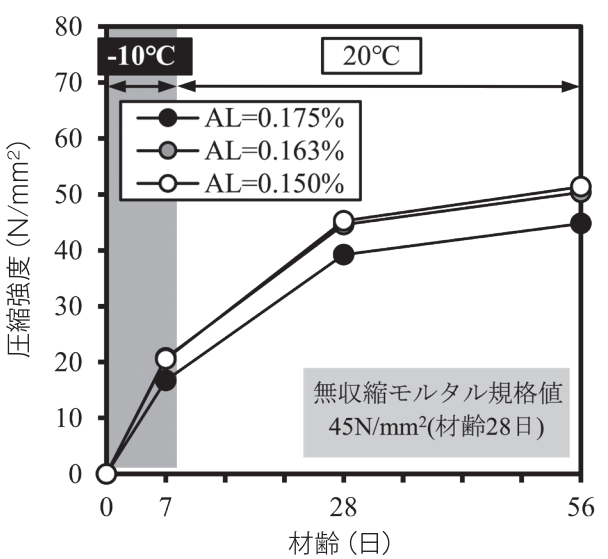


図4: 圧縮強度 (AL添加の影響)



# 寒中における補修施工の効率性 向上に資する耐寒補修材料の開発

## Highlights

■ 寒中におけるセメント系の補修材料に亜硝酸塩系の耐寒促進剤を添加することで  
初期強度向上と変形制御の両方が可能な補修材料の開発可能性を確認しました。

近年、コンクリート構造物の劣化に伴い補修に関心が高まっており、補修材ではポリマーセメントモルタルが付着性や母材コンクリートとの一体化に優れている観点から、非常に重要な補修材料であるとされています。しかし、セメント系材料は施工環境による急激な乾燥に伴って収縮が発生します。一般的にセメント系材料の引張強度は、圧縮強度の約10分の1程度と非常に小さく、収縮量が大きくなると母材コンクリートとの境界面に引張力が作用し、ひび割れ発生  
の懸念があります。その対策として膨張材を混入することで、水和初期にエトリンガイトの生成量を増加することでセメントマトリクスを膨張させ収縮量の低減することでひび割れ発生を未然に防ぐことが期待できます。一方で、寒冷地の補修工において外気温が氷点下の場合には、補修材中の自由水が凍結し水和が進行せず初期凍害が発生することで期待した性能が得られなくなります。その対策として、無塩化・無アルカリ性の耐寒促進剤で主成分が亜硝酸カルシウム (Ca (NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) および硝酸カルシウム (Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) など亜硝酸塩系の耐寒促進剤が使用されております。これらを使用すると、凍結温度を効果的に低下することによって、積算温度の増加に伴い低温環境下でも初期強度発現が可能となります。反応過程は以下の通りです。

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| $C_3A + 3Ca(NO_2)_2 + 10H_2O \rightarrow C_3A \cdot 3Ca(NO_2)_2 \cdot 10H_2O$       | (1) |
| $C_3A + 3Ca(NO_3)_2 + 16-18H_2O \rightarrow C_3A \cdot 3Ca(NO_3)_2 \cdot 16-18H_2O$ | (2) |

上記の式に記される水和生成物はエトリンガイトと類似した針状結晶とされ、一般的なエトリンガイトは硫酸系の水和物であるのに対し、亜硝酸・硝酸系の水和物として生成されます。これらの結晶は接水直後から急激な水和反応により材齢24時間で多量の亜硝酸・硝酸系の水和物が生成されることでセメントマトリクスがより緻密化し、良好な初期強度が得られることが報告されています。しかし、亜硝酸塩系耐寒促進剤の添加量の増加は、水和反応の促進による水和物の増大とともに自己収縮による収縮変形が増大する恐れがあることから、亜硝酸塩系耐寒促進剤を添加した補修材で補修施工を行う場合、良好な初期強度発現とともに変形挙動が小さくなるよう制御する必要があります。

そこで本研究では、プレミックスされた膨張剤含有セメントモルタルを対象に、亜硝酸・硝酸系耐寒促進剤の添加量

を変化させて使用した場合において、強度発現性と変形挙動特性 (自己収縮・乾燥収縮) の傾向を明らかにすることを目的で多角的な検討に取り組みました。また、本研究の検討条件として、一般に断面修復施工で使用する材料や配合を用い、耐寒促進剤は亜硝酸塩系の亜硝酸・硝酸カルシウム (CN) と亜硝酸リチウム (LN) の2種類を用いました。また、耐寒促進剤の添加量は耐寒剤運用マニュアル (案) を参考し、標準添加 (CN1、LN0.8) と多量添加 (CN5、LN4.2) を算定し、強度発現性、温度履歴、変形挙動特性 (自己収縮・乾燥収縮) の比較・評価を行いました。

その結果、耐寒促進剤を添加したすべてのケースで耐寒促進剤の添加量が多いほど接水直後からセメントや膨張材の水和反応が促進され、水和物の生成量が増加したことで良好な強度発現が得られた (図1) と考えられます。また、温度履歴より (図2)、CNではC<sub>3</sub>Aの溶解に起因する温度上昇によりAFtやAFm (NO<sub>2</sub>、NO<sub>3</sub>) が生成されたこと (第1ピーク)、LNではC<sub>3</sub>SやβC<sub>2</sub>Sの溶解に起因する温度上昇によりCHやC-S-Hが生成されたこと (第2ピーク) によって初期強度発現の上昇につながったと考えられます。また、耐寒促進剤の種類や添加量の違いがセメント系複合材料の変形挙動特性に及ぼす影響を明らかにするため、各ケースの変形挙動の検討を行いました。その結果より、自己収縮では亜硝酸・硝酸カルシウムと亜硝酸リチウムの影響により、セメントと膨張材の円滑な水和促進ができたことでCN5を除いたすべてのケースにおいて材齢28日時点まで膨張を示し (図3)、乾燥収縮では膨張材添加による収縮低減効果に基づき、LN 4.2>LN 0.8≥CN1の順番で収縮ひずみが増加する傾向 (図4) を示しました。一方、CN5のケースでは接水直後から亜硝酸・硝酸イオンとセメント成分の反応促進により初期から水和物の多量生成とともにC-S-Hの生成量増加による収縮量が膨張材による膨張量を上回ったため、自己収縮 (図3) や乾燥収縮 (図4) のひずみが増加したと考えられます。最後に、亜硝酸塩系の種類や添加量の違いによる強度発現性と変形挙動特性の比較・評価より、耐寒促進剤の種類に関わらず多量に添加することで、AFtやC-S-Hに加えAFm (NO<sub>2</sub> or NO<sub>3</sub>) が生成し、空隙構造を充填し初期強度発現を確保でき、初期凍害の対策が可能であると考えられます。一方、耐寒促進剤を添加することでAFtの生成速度が上昇し、膨張の開始時点が早まる傾向を示しました。ただし、CN5では収縮に大きく影響を与えるAFm (NO<sub>2</sub> or NO<sub>3</sub>) やC-S-Hの生成量が水和初期から相対的に増加することで耐寒促進剤の添加量算定時には注意が必要であると考えられます。

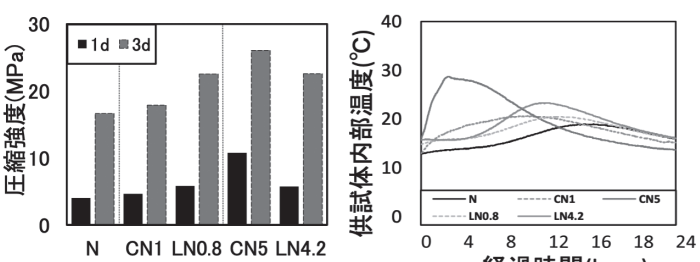


図1：圧縮強度

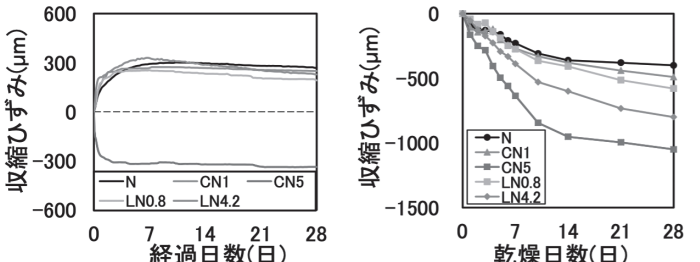


図2：温度履歴

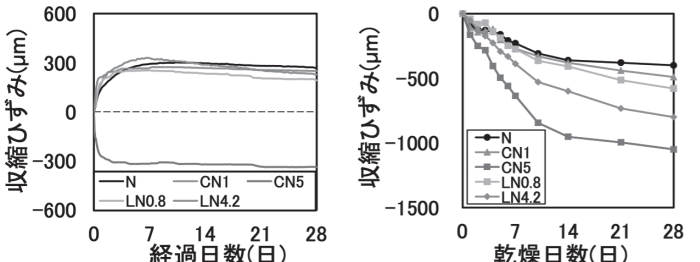


図3：自己収縮

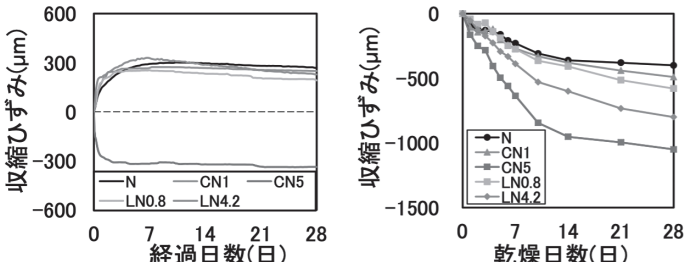


図4：乾燥収縮



# 12月の湿雪とオホーツク大規模停電 (2022年12月)



部門長・准教授・気象予報士  
白川 龍生

## Highlights

- オホーツク管内では、2022年12月、風を伴った着雪性の湿雪が振り、電柱倒壊や倒木など、多くの被害が発生しました。ここでは各地の雪害状況とともに、湿雪がその後再凍結し、積雪下部に長く存在することがわかりました。

2022年12月22～26日、太平洋を北東進した低気圧と日本海に停滞していた低気圧の影響により、オホーツク管内を中心に暴風雪や大雪がもたらされました。特に太平洋を発達しながら北東進し道内に近づいた低気圧が道東周辺で停滞し、南からの暖かく湿った空気が道東に流入しました。これに伴いオホーツク管内では気温が上昇し、さらに停滞した低気圧に向かい、湿った雪を伴う強風が北東側から吹きました(図1)。強風が同一方向から長時間吹き続けたことに伴い、電柱の倒壊や倒木、枝折れなど、各地で着雪に伴う雪害が発生しました(図2)。

オホーツク管内では、同23日に送電線を支える紋別市内の鉄塔1基が暴風雪で倒壊し、停電が発生しました。紋別市では最大約2万6千戸が停電しました。北海道内で送電用鉄塔が暴風雪に伴い倒壊するのは、2012年11月の登別市以来のことです。停電は一旦復旧しましたが、25日、遠軽町白滝にて倒木による送電線が断線し、2度目の停電が発生しました。紋別市では、主要な避難所に非常用発電機がなく暖房を使えないという理由で、避難所開設まで長時間を要するなど、厳冬期特有の問題が顕在化しました。1ヶ月後、紋別市役所へヒアリングを行ったところ、同市内では延べ900人が指定避難所で過ごしました。

市民の主な利用目的は、食事とスマートフォンへの充電でした。食料としては、アルファ化米、クッキー、羊羹、水の4点が支給されま

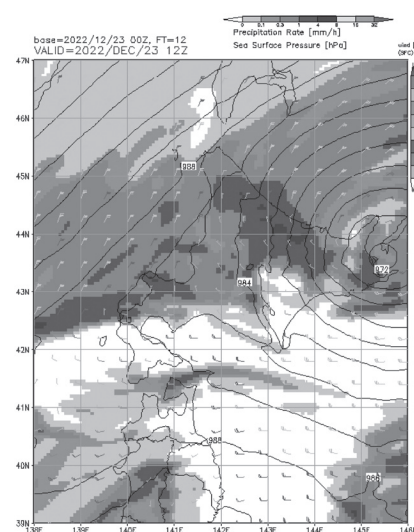


図1: 2022年12月23日の気圧・降水量・風向風速



図2: 着雪に伴う雪害例

した。さらに毛布が配布されています。利用者の多くは、市内中心部の指定避難所を利用しました。市内全戸に及ぶ冬期の停電はこれまで経験がないということです。同市では今回の経験を踏まえ、厳冬期における災害対策本部や避難所運営、市民への周知方法について、課題の整理とその対策が進められています。

オホーツク管内においては、12月下旬という時期に湿雪が降ることは異例のことです。水を含んで粗大化したざらめ雪はその後に凍結し、硬い層となって積雪内に長期間存在しました。このとき積もった湿雪は、2月24日現在、積雪下部にざらめ雪として存在しています(図3; 参考として、ほぼ平年並みに推移した2021/22年冬期の観測結果を付記します)。この層を境に積雪内の温度勾配(鉛直方向の温度変化率)に違いが生じています。ざらめ雪層の上部(積雪の中央付近)には、薄く硬い層と、その間のしもざらめ雪の層が挟まれています。2021/22シーズンと比較すると、圧密(隙間に存在していた水や空気が追い出され、体積が徐々に減少し密な状態になること)が余り進まず、積雪深は漸増していることがわかります。

このように、長期積雪初期にあたる12月に湿雪が積もった場合、後にその雪はざらめ雪へと変化し、それが長期間にわたり積雪に存在することがわかりました。

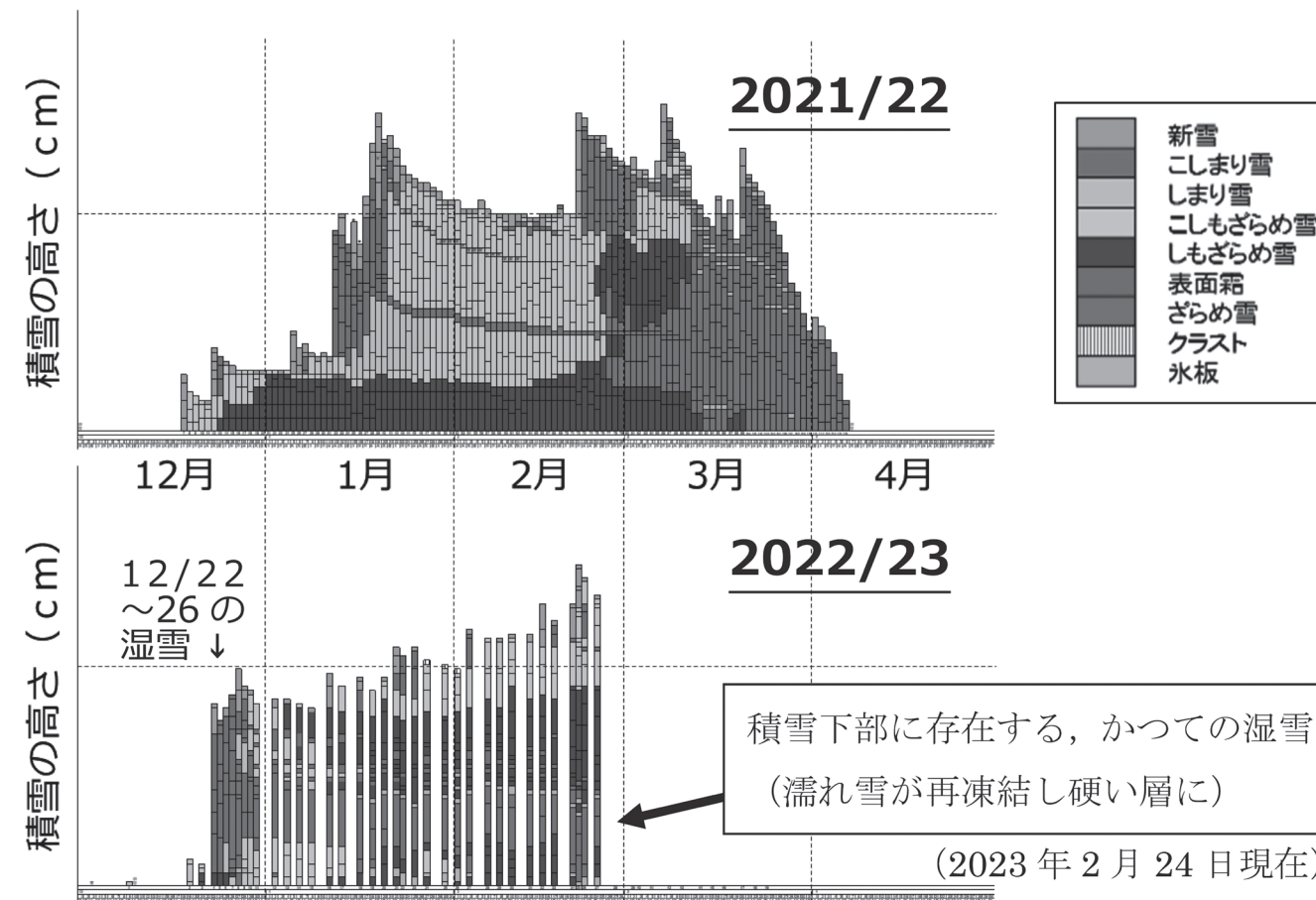


図3: 積雪下層に長期間存在する12月の湿雪(北見工業大学野球場)



# DIASとLINEを用いた 河川堤防の被災状況報告 アプリの開発と運用

## Highlights

- LINEを使った河川堤防の被災情報収集アプリを開発しました。
- 被災情報はDIASで統合された各種ハザードマップ上にマッピング可能です。
- このような災害情報収集アプリは民間企業での需要が高い可能性があります。



客員准教授  
川尻 峻三



アドバイザー・教授  
渡邊 康玄



教授  
川口 貴之

河川堤防は洪水時には増水した河川と居住エリアの境界部に立地し、洪水氾濫に対する「最後の砦」です。しかし、近年の豪雨災害では、この「最後の砦」である河川堤防が決壊し、多くの人命や財産が失われる被害を我々は毎年のように目の当たりにしています。2018年西日本台風や2019年東日本台風以降では、堤防被災の範囲が日本国内の広域で発生する傾向にあります。このような被災の広域分散化によって被災の全容把握だけでも相当な時間を要することになり、これは早期の被災要因分析と復旧方法の検討の足かせとなっています。また、近年ではあらゆる情報をデータ化してデジタル技術として活用するDX（デジタルトランスフォーメーション）が多くの分野で急速に進んでいます。しかし、災害時に得られた貴重な写真などの基本的な情報は、体系的に蓄積されていないのが現状です。このような背景から本研究では、地球規模／各地域の観測で得られたデータを収集、蓄積・統合、解析する基盤であるデータ統合・解析システムDIAS（Data Integration and Analysis System）と、国内で約9000万人が利用しているSNSであるLINEを用いた河川堤防被災状況収集アプリ「つつみる-β」を研究・開発しました。

図1は本研究で開発したアプリである「つつみる-β」における被災情報のマッピングフローを示しています。アプリの名称である「つつみる」とは、「堤防（つつみ）を見る」とスマートフォンやタブレット端末を操作しつつ調査（見る）できるよ」という2つの意味があります。「つつみる-β」の利用の流れは、大規模な出水によって堤防被災が発生

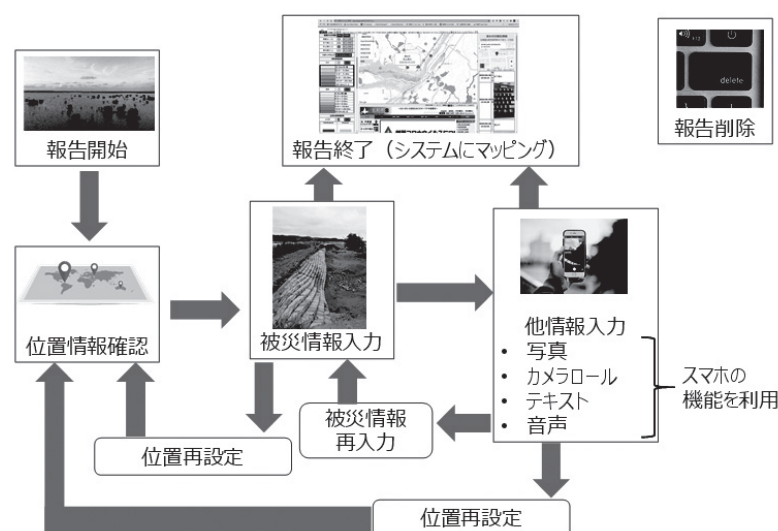


図1：LINEを使ったDIASへの被災情報のマッピングフロー

した際に、アプリの利用登録者が近傍の堤防被災状況を現地からweb上のプラットフォームにLINEを使って報告することで「つつみる-β」の利用登録者全員へ被災状況をリアルタイムに共有し、災害調査データとして蓄積します。図2は、DIAS（webポータル）上の被災情報の表示例として、2021年8月の洪水で堤防決壊が発生した高瀬川水系での情報を示しています。webポータルにマッピングされた「変状無」や

「変状有」のピンを左クリックすると、報告内容を直感的に把握できるように画面右側にスマートフォン端末のカメラで得られた画像情報をコメントとともに掲載する設定にしています。地図情報としては、DIASが利用許諾を得ている各種地図情報や航空写真を利用できます。また、河川堤防の被災メカニズムを考える上で重要となる治水地形分類図や、堤防被災による周辺状況への影響を把握する上で必要となる自治体が発表している浸水想定や土砂災害警戒区域などのハザードマップを同時にマッピング可能です。

2022年11月14日現在で「つつみる-β」には150名以上が利用登録されており、所属別に整理すると研究機関よりも建設コンサルタントと総合建設業（ゼネコン）を併せた数が多く、「つつみる-β」のような災害情報の統合システム・アプリの民間需要の高さが伺える状況です。現状での「つつみる-β」は、地盤工学会における河川堤防災害調査員に登録された地盤工学会会員が利用できますので、ご興味がある方は、まずは奮って地盤工学会にご入会下さい。

本アプリの作成では東京大学地球観測データ統融合連携研究機構 生駒栄司 准教授から多大なご協力を得ました。文部科学省の補助事業により開発・運用されているデータ統合解析システム（DIAS）の上で開発・実装し、本システムの構築にあたりDIAS第4期参画機関のメンバーの喜連川 優 国立情報学研究所所長・東京大学特別教授、小池俊雄 土木研究所 ICHARMセンター長、渡邊 康玄 北見工業大学副学長からは本アプリの根幹についてご助言を頂きました。末筆ながら記して深甚なる謝意を表します。

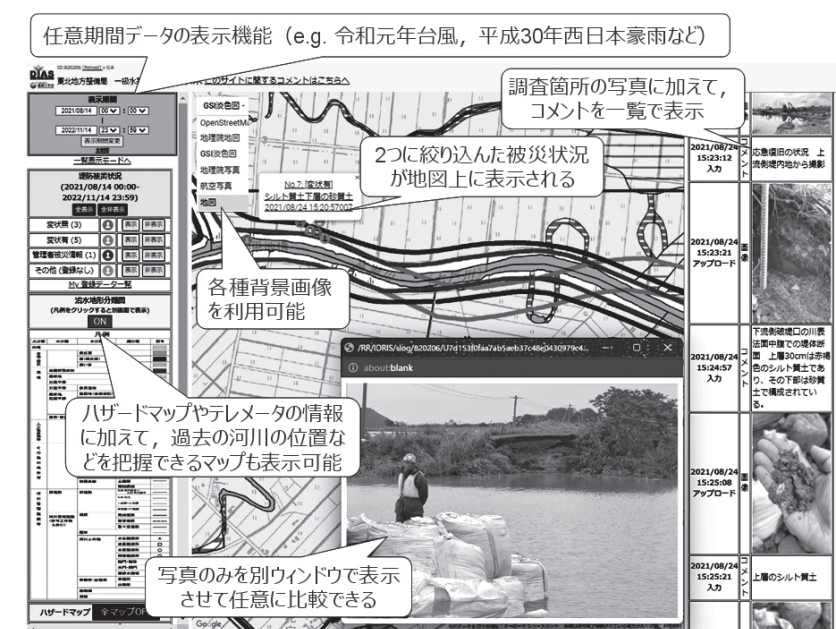


図2：DIASでの被災情報の表示例（高瀬川水系の例）