

令和4年度 研究又は活動の助成実績

整理 番号	団体名 テーマ	頁
R4-1	独立行政法人 国立高等専門学校機構 八戸工業高等専門学校 青森県を対象とした積雪融雪モデルの構築と気候変動による影響分析 ＜新規＞	1
R4-2	独立行政法人 国立高等専門学校機構 八戸工業高等専門学校 C-S-H 系早強剤により初期強度を改善した LPC-FA 系コンクリートの 複合劣化抵抗性に関する研究 ＜継続＞	2
R4-3	学校法人 八戸工業大学 ボックスカルバート型を用いた寒冷地対応の橋梁形式に関する研究 ＜継続＞	5
R4-4	国立大学法人 弘前大学 盛土構造物の材料特性評価に関わる研究 ＜継続＞	6

研究又は活動のテーマ	青森県を対象とした積雪融雪モデルの構築と気候変動による影響分析
団体名	八戸工業高等専門学校
代表者	環境都市・建築デザインコース コース長 藤原 広和

## (目的)

近年、極端気象現象が顕在化しており、毎年既往最大の降水が全国各地で記録され甚大な被害を与えている。青森県は県土全体が豪雪地帯（内 13 市町村：特別豪雪地帯）に指定されており、昨年度は青森市で記録的大雪が観測される等、豪雪被害リスクも高まる状況にある。さらに、気候変動により、降雪量の融雪の早期化が進行することが予測されている。融雪出水や水資源管理の観点から気候変動リスクを踏まえた適応策の検討が課題となっている。本研究では、青森県を対象として気候変動による積雪融雪の将来変化について分析するため、地域特性を考慮した積雪融雪モデルを構築する。また、同モデルによりシミュレーション解析し、気候変動による将来変化を考慮した地域の適応策について検討することを目的とする。

## (概要)

## (1) 積雪融雪モデルの構築

既往研究より、丹羽ら（1990）によって提案された Degree-hour 法に基づき積雪融雪モデルを構築した。しかし、この従来モデル(org)では、降雪時において観測値と計算値に差異が生じる結果が確認された。そこで、新雪密度と判別気温の 2 つのパラメータに着目して、AMeDAS 観測データからパラメータを新たに推定し、同モデルに導入した。判別気温、判別湿度を改良した場合(+td, +td-th)、ほとんど改善することはなかった。一方で、新雪密度を改良した場合(+ps)、再現性が大きく改善した（図 1）。さらに、本研究で設置した気象観測システム（図 2）の実測を活用して、積雪圧縮・圧密過程の再現性向上を図った。

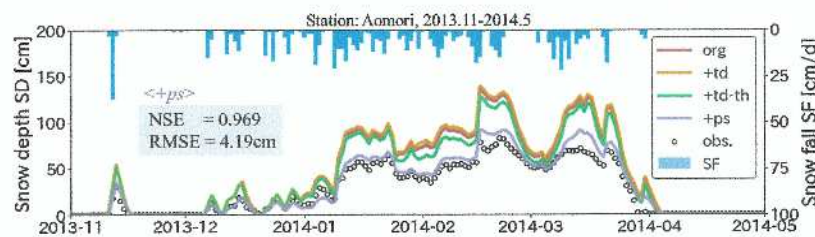


図 1 各改良モデルによる積雪深計算の精度比較

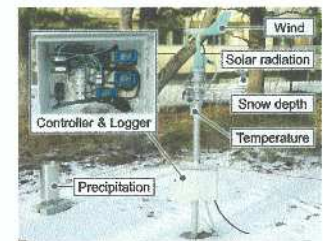


図 2 気象観測システム

## (2) AMeDAS 観測データに基づく降雪量のトレンド評価

青森県内の AMeDAS 観測所（15 地点）を対象として、降雪水量や積雪期間などの気象データを整理した。そして、Gumbel 分布、GEV 分布、Sqrt-ET 分布などの確率分布モデルを用いて、降雪量の確率値を推定した。適合度 (SLSC) ・安定度 (Jackknife 法) 評価結果より、GEV 分布が良好な値が示された。これを踏まえて、GEV 分布を適用して、確率水文統計量（10 年～1000 年）を空間的に評価することができた。

さらに、Mann-Kendall 検定により、各地点の降雪量トレンドを評価した。各地点のトレンドの大きさを Sen's Slope 値で示した結果を図 3 に示す。平地部では概ね減少傾向が確認された。一方で、陸奥湾入口部（今別、脇ノ沢）及び山地部では増加傾向が確認された。今後は将来の気候予測データを活用して、さらに詳細な分析を進めていく予定である。

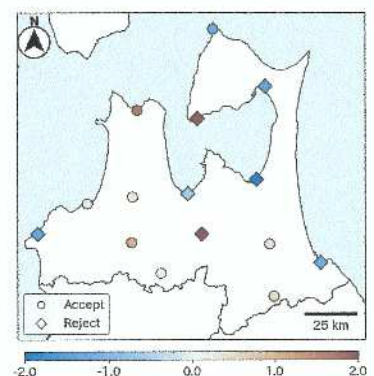


図 3 Sen's Slope 値の空間分布

研究又は活動のテーマ	C-S-H系早強剤により初期強度を改善したLPC-FA系コンクリートの複合劣化抵抗性に関する研究
団体名	八戸工業高等専門学校
代表者	産業システム工学科 環境都市・建築デザインコース コース長 藤原 広和
<p>(目的)</p> <p>本研究の目的は、青森県の橋梁アセットマネジメントなどの社会基盤整備計画に資する高耐久コンクリートについて、その実用性を高めるための対策（初期強度の改善と自己充填性の確保）の開発と、その高度化された高耐久コンクリート（青森県環境に適したサステナブルコンクリート）の性能を評価することである。さらに本研究は、産業副産物の有効利用や技能労働者の不足などに対する課題解決も含めて、総合的に優れた建設材料開発の取り組み方についての、良好な事例となることをも目的とするものである。</p>	
<p>(概要)</p> <p>本研究では、青森県環境に適したサステナブルコンクリートの開発で得られた成果をもとに、より実用性を高めるための改善策を研究する。</p> <p>これまでの研究では、放射性廃棄物処分場の人工バリア材料として検討が進められている高性能材料の設計手法を参考にして、青森県をはじめとする寒冷地の橋梁などで問題となっている凍害と塩害の複合劣化に対して、きわめて抵抗性が高いサステナブルコンクリートを開発することができた。また、少子高齢化の影響による技能労働者の不足に対して、それを補う自己充填性を付与させる可能性も確かめられた。</p> <p>しかし、低熱ポルトランドセメントにフライアッシュを混合している配合であることから、初期の強度発現が遅いことが課題となった。また、実験室レベルでは自己充填性が確認できたものの、実際の施工に対してポンパビリティを確認する必要性もある。</p> <p>そこで本研究では、高性能 AE 減水剤と硬化促進剤を混合し初期材齢の強度の改善を行ない、積雪寒冷地における凍結防止剤の使用による塩害の複合劣化に着目し、凍害に対する評価として凍結融解試験、塩化物イオンの実効拡散係数を取得するための電気泳動試験などを実施する。</p>	
<p>(今年度成果)</p> <p>【実施概要】</p> <p>2年目となる2022年度は、昨年度の成果をもとにコンクリート配合を設定し、以下を実施した。</p> <p>(1) フレッシュ性状の確認：コンクリートのスランプフロー試験方法（JIS A 1150）に準拠して、実施時間を練り上がり後から0, 30, 60, 90及び120分後とした。</p> <p>(2) 初期強度の確認：コンクリートの圧縮強度試験方法（JIS A 1108）に準拠して、水中養生で材齢を3, 7, 28及び91日とした。</p> <p>(3) 凍結融解試験：スケーリング試験 RILEM CDF法に準拠した。</p> <p>(4) 電気泳動試験：電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法（案）（JSCE-G 571-2003）に準拠した。</p>	

【試験結果および考察】

(1) スランプフロー試験

図-1 にスランプフロー試験の結果を示す。練り混ぜ直後のスランプフロー値は、施工性を高めた LPC-SP-AC が 545mm となり、練り混ぜから 2 時間後のスランプフロー値は 390mm とスランプロスが小さいことから十分な流動性を確保できると考えた。なお、OPC のスランプは 16cm であった。

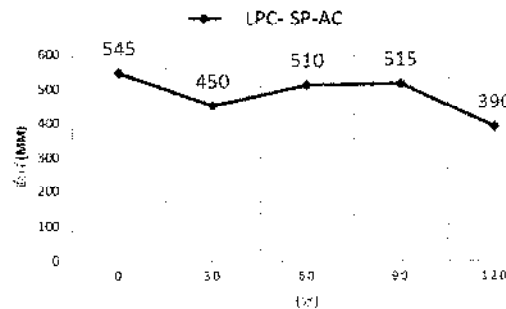


図1 スランプフロー試験結果

(2) 圧縮強度試験

表 1 に圧縮強度試験の結果を示す。OPC が水中養生と暴露養生で圧縮強度に差が無いのに対して、LPC-SP-AC は水中養生が暴露養生に比べて 1.3 倍の強度となっている。これより水中養生のほうが FA によるポズラン反応が進んでいたと考えられる。LPC-SP-AC の 1 年材齢の圧縮強度は 112 N/mm<sup>2</sup> となりさらにポズラン反応が進んでいることが確認できた。

材齢	水中養生		暴露養生	
	1 年	28 日	28 日	1 年
配合	LPC-SP-AC	OPC	LPC-SP-AC	OPC
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	112	83.9	44.7	64.6

表1 圧縮強度試験結果

(3) スケーリング試験

RILEM-CDF 法により得られたスケーリング量のうち、OPC 及び LPC-SP-AC の暴露養生した 28 日材齢と水中養生した 28 日材齢における結果を図-2 に示す。LPC-SP-AC、OPC ともに暴露養生が水中養生に比べてスケーリング量が多くなった。これより養生時の気温、天候などの外的要因が表層強度に影響したものと考えられる。また今回 LPC-SP-AC と OPC にスケーリング量の差がほとんどなく、得られたスケーリング量が全ての配合で非常に小さい値となった。この結果となった理由としては、今回得られた圧縮強度が一番低いものでも十分な遮水性を有しており、今回の凍結融解条件における膨張圧や浸透圧の影響をほとんど受けなかったことによるものと考えられる。

OPC-SP, OPC-SP-AC, LPC-SP-AC 及び LPC-SP の水中養生した 1 年材齢における結果を図-3 に示す。全てのサイクルで LPC のスケーリング量が OPC に比べて少ない結果となった。LPC-SP-AC と LPC-SP で比較すると、250 サイクルを境に LPC-SP のスケーリング量が増加した。これより、LPC-FA 系コンクリートにおいて耐凍害性に対して AC の添加は有効であると考えられる。

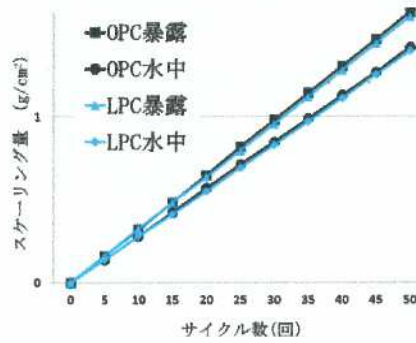


図2 28日材齢のスケーリング試験結果

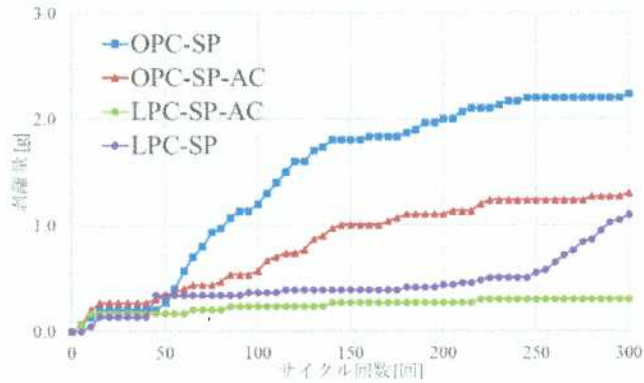


図3 1年材齢のスケーリング試験結果

#### (4) 電気泳動試験

表2に電気泳動試験によって得られた塩化物イオンの実効拡散係数を示す。

本試験では、OPCの暴露養生を除き、塩化物イオンの実効拡散係数が  $1.0 \times 10^{-13} \text{m}^2/\text{s}$  オーダーの値となり、非常に小さな値となった。また、本配合では、材齢28日時点で、すでに塩化物イオンの実効拡散係数の値が非常に小さくなった。これは、本配合はW/Bが30%と非常に小さくなっており、空隙が少なくなり極めて緻密なセメントマトリックスが形成されたためであると考えられる。

塩化物イオンの実効拡散係数の値が小さくなったことから、本配合は物質移動抵抗性に優れており、コンクリート構造物の早期劣化の要因となる塩害に対して高い抵抗性を有していることが考えられる。

表2 電気泳動試験結果

( $1.0 \times 10^{-13} \text{m}^2/\text{s}$ )

OPC (暴露養生)	OPC(水中養生)	LPC-SP-AC(暴露養生)	LPC-SP-AC(水中養生)
29.7	4.27	2.34	4.12

研究又は活動のテーマ	ボックスカルバート型を用いた寒冷地対応の橋梁形式に関する研究
団体名	八戸工業大学工学部工学科
代表者	高瀬慎介
<p>(目的)</p> <p>高度成長期時代に多くの橋梁がかけられ、現在、橋梁の老朽化が課題となっており、橋梁の維持管理が注目されている。その中でも小規模橋梁は、都道府県や市町村が管理しており、地域の住民に近い立場で橋梁の計画・建設・維持管理が求められている。青森県が管理している橋梁の多くも高度経済成長期に作られたもので、全体の2269橋のうち2m以上15m未満の橋梁が1438橋と全体の多くを占めている。そこで、本研究では、青森県内の小規模橋梁の劣化状況や市町村が橋梁を管理する上で抱えている課題などを調べ、今後の維持管理の方法などについて検討を行った。</p>	
<p>(概要)</p> <p>本研究では、各市町村が管理する橋梁の現状を調べるため、40市町村に対して、それぞれが管理する橋梁の現状と将来に関するアンケートを実施した。その結果、25の市町村から回答をいただいた。アンケート結果として、各市町村が管理する橋梁の現状について聞いたところ、橋梁の現状に少しでも問題があると答えた割合が68%と大半の市町村で課題があることがわかった。また、費用面・技術面・人材面で少しでも課題があると答えた割合は、8割を超えていた。これらのことから多くの市町村で共通した課題があることがわかった。次に各市町村が管理する橋梁の将来について聞いたところ、橋梁の将来に課題があると答えた中で具体的な例を見ると、費用面・技術面・人材面のほかに供用から数十年経過した橋梁の修繕や架け替えの計画が増えていくことやそれらの撤去・更新とそれに関する住民の理解についてが上げられた。これらの課題があるにも関わらず、具体的な解決策が検討されている市町村はわずか1割と課題解決ができていない状況になっていることがわかった。</p> <p>また、アンケートに協力をいただいた市町村の中で、実際に橋梁管理の現状と課題のヒアリングを行い、併せていくつかの橋梁現場を見学し、説明をしていただいた。実務担当者の声として、小規模な橋梁に関しては、全体的な工期短縮や交通規制の観点からプレキャストボックスカルバートを当初より比較検討に入れていることや橋梁の維持管理する部署と河川関連や水路関連の維持管理の部署は、現状別部署で行っており、連携が必要になってきているなどの意見もいただいた。</p> <p>本アンケートや市町村へのヒアリングを通じて、多くの市町村において、橋梁の維持管理のための費用・技術・人材面で課題があり、とくに小規模橋梁に対しては、維持管理が行いやすく、工期が短いことから、プレキャストボックスカルバートが施工・検討されていることがわかった。今後は、社会活動の変化に応じて、新しい社会に適応する道路の新設あるいは改良を進める必要や、橋梁の集約化や削減によって、維持する橋梁の安全性の確保を検討する必要があると考える。</p>	

## 実績概要

(ホームページ掲載用)

R4 - 4

研究又は活動のテーマ	盛土構造物の材料特性評価に関わる研究
団体名	弘前大学 農学生命科学部
代表者	森 洋
<p>(目的)</p> <p>本研究の目的は多種多様な盛土構造物の地盤材料特性等を把握するため、青森県内で2022年度までの4年間で約360箇所を対象として実施されたため池堤体盛土の詳細調査(標準貫入試験【SPT】や三軸圧縮試験等)結果と、2016年度から2017年度にかけてため池堤体盛土約1,300箇所を対象として実施された簡易な現場調査(スクリーウエイト貫入【SWS】試験)結果等を比較して分析するものである。</p> <p>これらの研究成果は、当県の河川堤防や道路盛土、宅地造成盛土、地すべり地等の安定性評価にも寄与することが可能で、青森県の社会基盤施設整備事業を推進していくと伴に、全国的に実施されている地盤調査手法等の効率化を図るものである。</p>	
<p>(概要)</p> <p>2022年度までに実施されたため池堤体盛土の詳細調査結果(約360箇所)を整理し、ため池堤体を代表とする盛土構造物の材料特性や安定性評価を実施した。</p> <p>ため池堤体のようなSPTより得られたN値が大変小さい場合(多くは5未満)での同一深度でのN値と、SWS試験で得られた換算N値による<math>N_{sw}</math>(1m当たりの半回転数)/<math>W_{sw}</math>(載荷荷重)の関係は、小規模建築物基礎設計指針で示されているような線形関係にはない。そのため、深度方向の影響を<math>\sigma_v</math>(有効上載圧)を用いて取りまとめた場合、N値と<math>N_{sw}/W_{sw}</math>を指数関数的に関係付けることが可能となった。</p> <p>多くの設計基準類では、N値と材料強度定数(三軸圧縮試験等から求められる<math>\phi</math>【内部摩擦角】と<math>c</math>【粘着力])が基本的に線形関係である算定式を示しているが、当試験データからN値と材料強度定数を線形的に取り扱うことは出来なかった。そのため、深度方向の影響を<math>\sigma_v</math>を用いて取りまとめた場合、若干のばらつきはあるものの、N値と<math>\phi \cdot c</math>を指数関数的に関係付けることが可能となった。</p> <p>前述した関係性からN値ならびに<math>N_{sw}/W_{sw}</math>より<math>\phi \cdot c</math>を想定した場合、<math>\phi</math>よりも<math>c</math>のばらつきは大きい、<math>N_{sw}/W_{sw}</math>から想定した算定式よりN値から想定した算定式の方が精度が高かった。ただし、SWS試験はSPTよりもはるかに安価で簡易的な現場試験であることから、今後、多くのデータ蓄積を実施することにより、三軸圧縮試験値(<math>\phi \cdot c</math>)相当に近似できる算定式の提案も可能であると考えられる。</p> <p>円弧すべり解析から得られた堤体盛土の安全率(<math>F_s</math>)を、堤高や斜面勾配、地盤材料物性値、円弧すべり面形状等の11要素を説明変数とした重回帰分析から検証した結果、円弧すべり解析による安全率が3以上では重回帰分析による相関性が悪くなる傾向にあるが、多くのデータは1対1付近の範囲にあった。また、目的変数とした<math>F_s</math>に対して特に有意性(影響)のある説明変数であった堤高やN値、<math>\phi</math>、<math>c</math>のみを用いて、再度、重回帰分析を行った結果、多くの説明変数を用いた場合とそれ程の差異を示さなかったため、従来から重要なパラメータとされている堤高やN値、<math>\phi</math>、<math>c</math>等を用いることで十分な精度を確保することが可能であると考えられる。</p>	