

### 研究コラム 長期屋外暴露試験による表面含浸材の評価

コンクリート表面に塗布することでは水性を付与し、劣化の原因となる物質の侵入を抑制することが期待される表面含浸材 (Photograph 1) は、近年、適用が広がってきており、道路橋の地覆に適用されて15年以上経過した事例や、建築物に適用されて30年以上経過した事例もあります。ただし、表面含浸材はコンクリートと比べて新しい材料であり、また、補修に対するニーズの拡大もあって様々な改良が施されています。このため、表面含浸材が効果を発揮する期間は明確にされておらず、追跡調査等を行って検証を進めているのが現状です。

国土交通省が運用している新技術情報提供システム (NETIS) のテーマ設定型 (技術公募) の取り組みの一つとして、塩害対策で使用されている表面含浸材を対象とした共通試験が2015年度より実施されています。この共通試験では、現場の施工条件を模擬したコンクリート試験体に、応募があった11種の表面含浸材を塗布し、施工性や塗布後の効果等が同一の環境で比較しています。また、塩害環境下で効果の持続性等が検証されています (Photograph 2)。

土木研究所では、表面含浸材の効果の持続性、塗布部位による相違等に注目して、屋外暴露開始から5年後の追跡調査を実施しました。追跡調査では、表面含浸材を塗布した後どの程度コンクリートにしみ込んでいるかを表す“含浸深さ”や劣化因子である塩分のコンクリートへの“浸透量”を確認しました。

追跡調査の結果から、塩分の浸透量を抑制する効果の程度や、ある程度の含浸深さが確保されていないと長期的な効果は期待できないことなどを確認しました。今後も屋外暴露試験を継続し、表面含浸材の適用効果に関する知見を取得していく予定です。なお、屋外暴露試験の詳細は、下記の論文にまとめています。  
参考文献：実環境下に約5年間暴露した各種シラン系表面含浸材の塩分浸透抵抗性評価、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、第23巻、1023、2023.10

#### Evaluation of Surface-impregnation Materials by Long-term Outdoor Exposure Test

Surface-impregnation materials (Photograph 1), applied to concrete surfaces to prevent the penetration of substances that cause deterioration, have been widely used in recent years. However, these materials are relatively newer than concrete, and various improvements such as the degree of impregnation have been made owing to the increasing need for repair techniques. Consequently, the period during which the surface-impregnation materials remain effective has not been clarified, and ongoing verification is being conducted.

As part of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport, and Tourism's effort, an outdoor exposure test targeting surface-impregnation materials to prevent corrosion in concrete owing to chloride ions has been conducted since FY 2015. In this test, various surface-impregnation materials were applied to concrete specimens (Photograph 2).

Five years after outdoor exposure, the Public Works Research Institute investigated the duration of the effects of surface-impregnation materials for the ingress of chloride ions. The investigation examined the impregnation depths and chloride ions in the specimens.

It was confirmed that a long-term effect cannot be expected unless a certain degree of impregnation depth is secured. We plan to continue the outdoor exposure test to obtain comprehensive knowledge of the effects of surface-impregnation materials.



Photograph 1: Execution of surface-impregnation materials



Photograph 2: Concrete specimens coated using surface-impregnation materials

## 研究コラム コンクリート桁内部の含水率変化と表面保護材料の影響

コンクリート構造物の劣化損傷のほとんどは、水の影響を強く受ける反応機構によるものです。たとえば、塩害、凍害、ASR、酸等による腐食は、水の存在なくしては劣化現象が進行しません。中性化は、含水率が高いと炭酸ガスが浸透しにくく緩やかとなりますが、中性化が進んだ状態で水が作用すると鋼材は容易に腐食します。力学的な疲労も、水浸状態では急速に進行することが知られています。コンクリートの含水状態を把握し、劣化機構に応じてこれを制御することは、コンクリート構造物の保全において非常に重要な課題です。

コンクリート構造物内の含水状態は、降雨や漏水、水蒸気放散等により刻々と変化しています。さらに、建設からの期間、季節、部位等により異なります。iMaRRCでは、コンクリート中に埋設した電極対による交流電気抵抗から、含水率を部位ごとに常時観測する方法を開発しました。これにより、短期的変化から長期的推移まで、水分状態を把握できるようになりました。コンクリートは打設直後の含水率は高いものの、春夏に高値、冬季に低値をとりつつ、4%以下まで徐々に低下してゆくこと、含水率短期変動は、桁下面よりも張出部で大きいこと等がわかりました。

表面保護工法は、コンクリート表面に塗装や含浸等の保護材を塗布することにより塩分等の劣化促進物質の侵入を抑制しますが、液状水や水蒸気の透過性状にそれぞれ特徴があり、内部の含水状態が大きく異なると想定されます。そこで、実大断面を有するコンクリート桁(Photograph 3)に様々な表面保護材を施工して、その後の水分状態を観測しました。その結果(Figure 1)、有機系被覆では冬季に高含水化することがあること、シラン系含浸や樹脂モルタル被覆では内部の乾燥が進むことなどがわかりました。

これらの成果は、コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル2022年版に反映し、有効な補修対策の普及をはかっています。

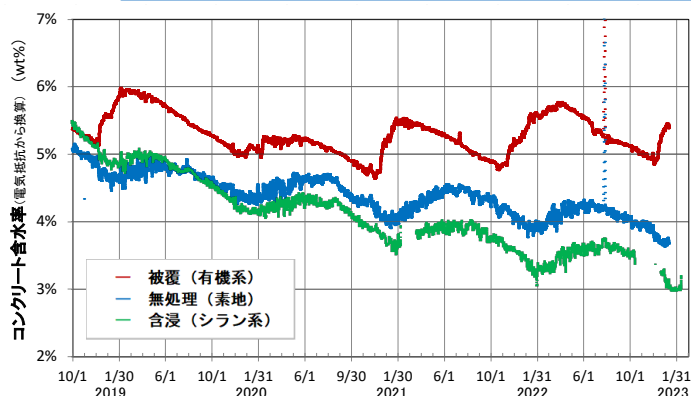
### Changes in the moisture content of concrete girder and the influence of surface protection materials

Most deterioration damages in concrete structures and their reaction mechanisms are strongly influenced by water. For example, corrosion owing to salt damage, freeze damage, alkali-silica reaction, acid, etc., cannot proceed without the presence of water. It is known that the progress rate of carbonation and mechanical fatigue changes significantly depending on the water immersion condition. Understanding and controlling the moisture content of concrete according to the deterioration mechanism is crucial for maintaining concrete structures.

The moisture content of concrete structures fluctuates from moment to moment owing to factors such as rainfall, water leakage, and water vapor dissipation. Furthermore, it varies depending on the period since construction, season, and location of a structure member. At iMaRRC, we developed a method to continuously monitor the moisture content of each location based on electrical impedance using electrode pairs buried in concrete. Water content in concrete may vary greatly depending on the application of surface protection materials. Therefore, various surface protection materials were applied to a concrete girder with a full-scale cross section (Photograph 3), and the moisture status was observed. As a result (Figure 1), we found that polymer surface coatings cause high water content in winter, whereas silane impregnation or polymer-cement mortar coatings can lead to internal concrete drying.



Photograph 3: Full-scale concrete girders with various surface protection materials



(実大断面桁：ウェブ部鉄筋深さ位置)

Figure 1: Annual change in moisture content of concrete after surface protection

## 報告 夏期インターンシップ（短期）

土木研究所では、例年、学生を対象として、土木研究所の業務内容等を知って頂くため、夏期インターンシップ（短期）を実施しています。今年は、8月25～27日に実施されました。参加者には、土木研究所が設定した多様なコースの中から選択して参加して頂きました。iMaRRCにおける実施内容は、次のとおりです。

### 先端材料・高度化担当

先端材料・高度化担当では、「建設材料によるSDGsへの挑戦」と題して、1名の学生さんに体験頂きました。

本プログラムでは、コンクリートの簡易的なひび割れ補修工法としての粘着テープ工法の適用性検討のための物性試験を体験してもらいました。具体的には、複数の粘着テープを用いた供試体の準備からひび割れ追従試験まで実施してもらいました(Photograph 4)。また、コンクリート補修に関連した民間の実験施設見学も行い、技術の実装についても学んでもらいました。

参加していただいた学生さんには、大学で学んだ内容が実際にどう使われているか、研究職とはどのようなものなのかを知ってもらう機会となり、また、先端材料・高度化担当で扱っているFRPやセンサー材料にも興味を持ってもらえました。

### 資源循環担当

資源循環担当では、「下水道分野：下水道施設を用いたエネルギー回収に関する研究」と題して、2名の学生さんに体験していただきました。

本プログラムでは、下水道施設からエネルギーを生み出すメタン発酵の実験を行い、分析の実施だけでなく、想定される結果の予想や結果の考察を行いました。また、土研の研究結果がどのように社会実装されたか紹介するため、実際の下水処理場において施設見学も行いました(Photograph 5)。(一部水質分野と共同実施)

参加していただいた学生さん達は、下水汚泥からのエネルギー回収をする技術に驚いたようでした。大学院で下水道について研究を行っている学生さんにとっても、インターンでの体験を通して、多く学んでもらう機会となりました。

### The summer internship program (short-term) was conducted at the Public Works Research Institute.

The Public Works Research Institute (PWRI) held a “Summer Internship (Short-term)” from August 25 to 27, 2023, offering students an opportunity to gain insights into the work of PWRI. Participants could choose their preferred course from those provided by the PWRI. The activities facilitated by iMaRRC are outlined below:

#### Advanced Materials and Improvement

In the Advanced Materials and Sophistication Department, a student participated in a program entitled “Challenging SDGs through Construction Materials.”

During this program, the participant engaged in physical property tests to examine the applicability of the adhesive tape method as a simple method for repairing concrete cracks. Specifically, he prepared a specimen using multiple adhesive tapes and performed a crack followability test (Photograph 4). Additionally, he toured a private experimental facility related to concrete repair, gaining insights into technology implementation. This experience allows him to see the practical application of his college learning and provided an understanding of the research role. The student also developed an interest in FRP and sensor materials.

#### Recycling

In the resource recycling department, two students were involved in the program titled “Sewerage Field: Research on Energy Recovery Using Sewerage Facilities.”

In this program, students conducted experiments on methane fermentation to generate energy from sewerage facilities. They conducted analyses, anticipated possible results, and discussed their findings. To show how the Soil Research Institute’s research results have been implemented in society, the students toured an actual sewage treatment plant (some parts of the tour were conducted jointly with the Water Quality Field).

This experience surprised them with the technology for energy recovery from sewage sludge. It served as a valuable learning opportunity for graduate students studying sewerage.



## 汎用材料担当

汎用材料担当では、「橋梁・コンクリート分野：道路橋メンテナンスの技術開発に取り組む研究者のリアルを体験」と題して、3名の学生さんに体験していただきました。

本プログラムでは、CAESAR と iMaRRC が取り組む道路橋メンテナンスの最新の技術開発や研究課題を紹介するとともに、研究に用いる実験施設の見学 (Photograph 6) や橋梁・コンクリート分野の専門家との意見交換を通じて、土木研究所で働くことのリアルを体験していただきました。

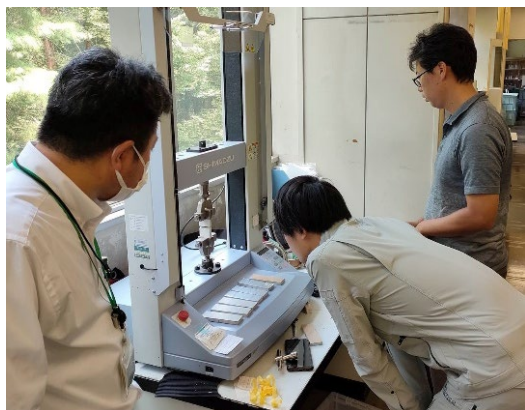
参加していただいた学生さんには、材料分野について、どのような研究が進んでいるのかを肌で感じてもらい、また、コンクリートに混和材を混ぜた時の変化など講義で学んだことを実際に体験することで理解を深めてもらいました。

## Concrete and Metallic Materials

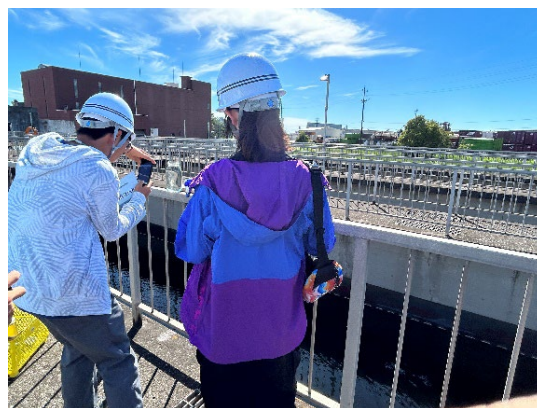
In the concrete and metallic material department, three students participated in the program titled “Bridge/Concrete Field: Real Experiences of Researchers Working on Technology Development for Bridge Maintenance.”

During this program, students were introduced to the latest technological developments and research topics in the bridge maintenance field by CAESAR and iMaRRC through laboratory visits and the exchange of opinions with experts in the field of bridge and concrete.

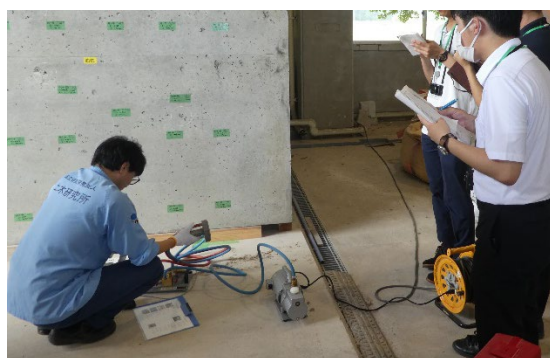
Participants gained firsthand experience of ongoing research in the field of materials and learned about practical aspects previously understood only theoretically, such as the changes that occur when admixtures are mixed in concrete.



Photograph 4:  
Crack Followability test



Photograph 5:  
Tour of a municipal wastewater treatment plant



Photograph 6:  
Tour of experimental facilities

## 報告 国立研究開発法人産業技術総合研究所と共同研究を始めました

～AI 技術等を用いた連続繊維シート補修等の点検高度化に関する共同研究～

コンクリート構造物の補修・補強には、様々な材料・工法が存在しますが、早期に再劣化する事例もあり、損傷メカニズムに対応した信頼性の高い補修技術による設計・施工が求められています。施工例の多い連続繊維シートのはく離や浮きなどの再劣化については、補修部が被覆されているため、目視による変状の発見が困難であるという問題があります。

本研究ではコンクリートを連続繊維シート等で被覆補修した箇所を点検する際の精度確保と省力化のため、AI 打音検査を共同開発し、点検者の熟練度に依存しない信頼性の高い点検の開発を目的として、令和 5 年 11 月に（国研）産業技術総合研究所と共同研究協定を締結しました。共同研究では、「連続繊維シート補修箇所の浮きに対する AI 打音検査を用いた解析」「連続繊維シート補修箇所に対する面的な浮き部検出方法の開発」「実構造物における連続繊維シート補修箇所の再劣化に対する点検技術の開発」を行っていくこととしています。

### Joint Research on Inspection Enhancement of Continuous Fiber Sheet Repair Using AI Technology

iMaRRC launched a joint research project in collaboration with National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) in November 2023. The theme of the research project is to develop AI hammering sound inspection aimed to develop highly reliable method that does not depend on the skill level of the inspector. The joint research will include “Analysis using AI hammering sound inspection for exfoliation in the repaired part of the subsequent fiber sheet”, “Development of a method for detecting invisible exfoliation in the repaired points”, and “Development of inspection technology for re-deterioration of continuous fiber sheet repaired parts in actual structures”.

## 予告 第 6 回 iMaRRC セミナーの開催 (1/11) について

iMaRRC では、第 6 回 iMaRRC セミナーを以下のとおり開催する予定です。今回は、より多くの方に参加いただけるよう対面と Web のハイブリッド形式とすることにいたしました。昨年度同様、多数の方にご参加いただけましたら幸いです。

### 第 6 回 iMaRRC セミナー

「地域バイオマスを活用してカーボンニュートラル社会に貢献する ～下水処理場を核とした分野横断的なバイオマスの利用と課題～」

日時：令和 6 年 1 月 11 日(木) 13:00～16:30

開催方法：会場（土木研究所内会議室）&Web 併催

※本セミナーの詳細については、下記の iMaRRC ホームページに掲載しています。

<https://www.pwri.go.jp/jpn/about/pr/event/2024/0111/index.html>

### Announcement of upcoming events

The 6th iMaRRC Seminar (webinar) is scheduled for the afternoon of January 11 of 2024. The theme of the 6th iMaRRC Seminar is “Contribution to a carbon-neutral society through local biomass : Cross-sectoral utilization of biomass in wastewater treatment plants and its challenges.”

We look forward to the participation of many individuals in this seminar. Detailed information is posted on PWRI and the iMaRRC web pages.

## 研究者紹介 iMaRRC Researchers

### 1. 高橋 啓太

令和5年4月にiMaRRC材料資源研究グループに研究員として着任致しました。2019年4月に土木研究所へ入所してから5年目になります。昨年度までは、企画部研究企画課の方で国交省や他機関との連携といった対外的な業務などに2年間従事し、iMaRRCへは2年ぶりに戻って来ました。現在携わっている主な研究は、下水資源を活用したエネルギー増産実装技術の開発や、下水処理場における草木系バイオマス有効利用実装技術の確立に関する研究に携わっています。昨年度までの業務で経験したこと（例えば、対外連携）を糧に、研究業務を通じて社会に貢献していけるよう、直向きに取り込んでいきたいと思っています。



また、土木研究所に入所した時から研究所の和太鼓チームに所属しており、こちらも5年目になりました。地域のイベントなどで演奏させていただく機会も増え、さらに和太鼓の腕も磨いていけるよう頑張っていきたいです。

Mr. Keita Takahashi joined iMaRRC as a researcher in April 2023. He has worked at PWRI for five years. Until the last fiscal year, he served in the planning department, focusing on external affairs for two years. After a two-year absence, he returned to iMaRRC. Starting this fiscal year, he was assigned to a research team specializing in sewage resources and materials. He is actively developing technologies to increase energy production from sewage resources and establishing effective technologies for grass and woody biomass in sewage treatment plants. His goal is to contribute to society through research, drawing on his previous work experiences.

He has been a member of the Japanese drum team at PWRI for five years. He has gained more opportunities to perform at local events, and aspires to enhance his Japanese drumming skills further.

### 2. 島多 昭典

北海道札幌市にある寒地土木研究所の耐寒材料チームに勤務しており、平成27年のiMaRRC設立と同時に併任となりました。その後、国土交通省北海道開発局に異動し、戻ってきて通算5年目になります。コロナ禍で出張の機会は減りましたが、リモートでの打合せが普及し、今年度からチームの併任者も増えました。分担研究や施設の相互利用等による連携・交流を通じて効率的に研究が進められています。



コロナ禍で趣味の旅行がしづらくなってから、市民農園を借りて週末に野菜作りを始めました。失敗を重ねながらも収穫の喜びを感じています。でも虫が苦手な家族には不評です。

Mr. Shimata works in the materials team of the Civil Engineering Research Institute for Cold Region in Sapporo City, Hokkaido. He joined iMaRRC concurrently in 2015, the year of its establishment. After a stint at the Hokkaido Development Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport, and Tourism, and coming back, he returned to iMaRRC, marking his fifth year in total. Despite the challenges posed by the COVID-19 pandemic, remote meetings have facilitated collaboration and exchange, resulting in an increased number of concurrent post members within teams. Research efforts are streamlined through joint research initiatives and the mutual use of facilities.

Owing to the limitations of travel as a hobby, Mr. Shimata took up weekend vegetable farming by renting a citizen's farm. Despite occasional setbacks, he finds joy in the harvest, although it is not as popular among family members who dislike insects.



### 3. 内藤 勲

1990年に開発土木研究所材料研究室に新卒採用で5年間勤務後、北海道開発局の現場に13年間従事し、2008年に寒地土木研究所耐寒材料チームに戻り、気が付けば延べ20年のコンクリート研究生活を送っています。2016年発刊の「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」を2012年の当初からつくばと研究連携して共同執筆しました。それ以来、iMaRRCとは10年来の関わりで、寒地土研でiMaRRCに一番出入りした者と思いますが、今年の2023年からめでたく併任となり漸くiMaRRCの一員となりました。



研究テーマはコンクリートの凍害と補修に関する研究です。10年程の補修の研究で、化学屋ではないのですが補修材や補修用樹脂等の性質や取扱について結構詳しくなりました。今後もコンクリート構造物の耐久性向上や補修箇所の効果持続性の更なる向上を目指して研究を進めていきたいと思っています。

仕事以外では、コロナ禍の影響で電子書籍の読書やネット映画鑑賞等のインドアも増えましたが、昔からスキー、草野球、車いじり等が好きなアウトドア派なので、休日は外でストレス解消しています。

Dr. Isao Naito joined the Civil Engineering Research Institute in 1990, working for 5 years before spending 13 years in road management administration. He returned to the Civil Engineering Research Institute for Cold Region (CERI) in 2008 and will join iMaRRC in 2023.

Dr. Naito's research focuses on frost damage to concrete and the sustainability of repair effects, with 20 years of experience in concrete research.

Among his recent accomplishments is co-authoring "Manual for the Design and Execution of the Repair of Concrete Structures".

In his personal life, Dr. Naito enjoys playing baseball in the summer and skiing in the winter with his children.

## 受賞報告 Research Awards

賞 Award	受賞者 Recipient Name	論文名 Title	表彰団体 Awarding organization	受賞日 Date
土木学会舗装工学論文賞 (Paper Award of Journal of JSCE, Pavement Engineering, Vol.27)	福山 菜美、佐々木 徹、新田 弘之 (FUKUYAMA Nami, SASAKI Iwao, NITTA Hiroyuki)	アスファルト試料の赤外分光分析を阻害する混在物質の影響と除去方法 (Influence of inhibitors on infrared spectroscopic analysis of asphalt samples and a method for their removal)	土木学会舗装工学委員会 (Pavement Engineering Committee of JSCE)	Sep. 1st, 2023
土木学会年次学術講演会優秀講演者表彰(JSCE Annual Meeting Excellent Presentation Award)	川島 陽子、佐々木 徹、百武 壮、富山 禎仁 (KAWASHIMA Yoko, SASAKI Iwao, HYAKUTAKE Tsuyoshi, TOMIYAMA Tomonori)	連続繊維シートへの付着性に対する施工環境の影響 (Effect of the construction condition on the adhesive behavior of FRP sheets)	公益社団法人土木学会 (Japan Society of Civil Engineers)	Oct. 20th, 2023

iMaRRC Newsletter 発行元：(国研) 土木研究所 先端材料資源研究センター ( iMaRRC )  
Tel:029-879-6761 Fax: 029-879-6733 Email: imarrc-at-pwri.go.jp \*送信の際は、-at-を@に変更してください