

### 研究コラムあと施工アンカーのへりあきの検討

道路トンネル換気用ジェットファン (Photo-1) のような附属物をコンクリート構造物に取り付ける際は、ドリルで削孔したコンクリートに打込み設置する「金属系あと施工アンカー (以下、アンカー)」がよく使われます。iMaRRC ではアンカーを用いた附属物取付け箇所の安全性確保のため、設計や維持管理方法を検討しています。

アンカーの引抜試験を行った時の破壊形態の一つに、コンクリートがコーン状に破壊するものがあります (コーン状破壊)。コーン状破壊を防ぐためのアンカーの設計計算では、Figure-1 のように、傾斜 45 度のコーン状の破壊面を想定し、有効水平投影面積 (Figure-2) とコンクリート強度などから設計耐力を算出します<sup>1)</sup>。道路トンネル技術基準(換気編)・同解説では、アンカーに取り付ける附属物の重さを 1/15 以下にするなど、十分余裕のある使い方が提案されています<sup>2)</sup>。

しかし、実際にアンカーの引抜試験を行うと、Photo-2 に示すように 45 度より傾斜が小さい、大きく扁平なコーンとなる場合が多く観察され、コーン状破壊の実態と設計計算上の仮定に差があることがわかっています。

ところで、アンカーからコンクリート構造物の目地等の端部までの最小距離をへりあきといいます (Figure-2)。Photo-3 に示すようにトンネルの覆工に目地がある場合も、この部分が

#### Effect of edge distance on the load-bearing capacity of the post-installed mechanical anchor

Jet fans in road tunnel are normally secured to the lining concrete with post-installed mechanical anchors. One of the typical failure modes of this anchor is the concrete cone failure by tensile force. The formula for estimating the design concrete cone failure load is shown by the Japan Society of Civil Engineers. In this formula, it is assumed that the cone failure surface has 45° inclination, and the load capacity of the anchor is proportional to the cone's projected area. The anchor's load capacity should be reduced if the edge distance from the anchor is short and the cone's projected area sticks out from the edge of the concrete member.

However, the actual area of a concrete cone observed in experiments is wider than the estimated 45° cone. Therefore, the assumption of the cone failure surface is tested to determine whether it is adequate or not.



Photo-1: Jet fan in road tunnel

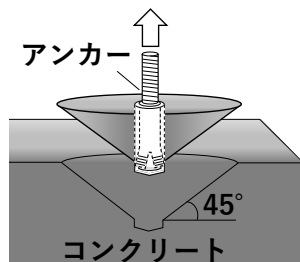


Figure-1: Concrete cone failure



Photo-2: Typical concrete cone failure in the tensile test

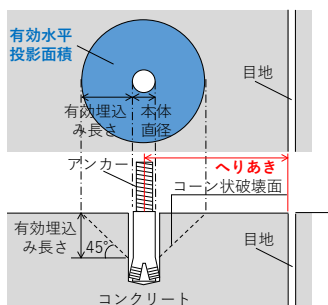


Figure-2: Failure area assumed in the design code (cone's projected area)



Photo-3: Joints of concrete lining

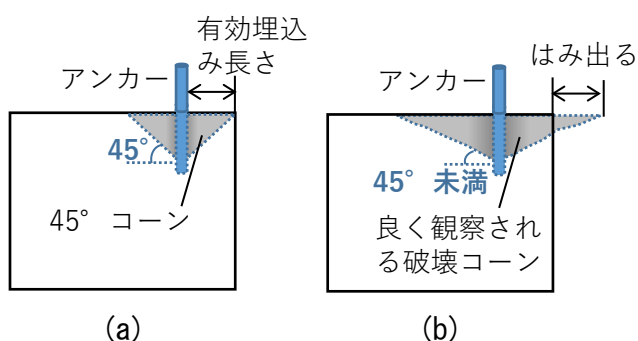


Figure-3: Tensile test of the anchor near the concrete member's edge

(a) design code assumption  
(b) typical cone shape observed in the tensile test

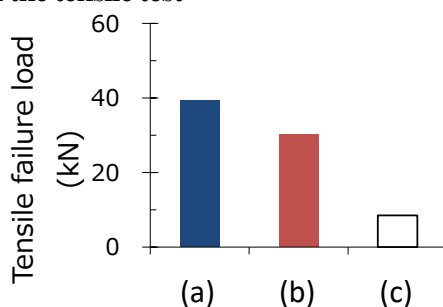


Figure-4: Tensile test results and calculated concrete cone failure load from the design code

(a) test result without the effect of an edge  
(b) test result with the effect of an edge  
(c) calculation

端部になります。設計計算上は、傾斜 45 度のコーン状破壊部がコンクリート内に位置していればへりあきの影響はないものと想定しています。しかし、実際のアンカーの破壊形状を考慮すると、より広い範囲がコーン状に破壊していることから、へりあきの影響で破壊面積が制約され、耐力に影響が出るおそれがあると考えました (Figure-3)。

そこで、iMaRRC では、へりあきに余裕がある場合とない (45 度コーンがコンクリート内にぎりぎり収まる) 場合で引張試験を行い、既存の設計式で求められる耐力の計算値と比較しました。

その結果、実験で得られた引張耐力は、へりあきに余裕がない場合は、余裕がある場合よりやや小さくなったものの、計算上の耐力より大きいことを確認しました (Figure-4)。しかし、試験後の破壊状況を見ると、へりあきに余裕がある場合は、コーン状破壊が見られる一方、へりあきに余裕がない場合は、Photo-4 に示すように、アンカー近傍のコンクリートに割裂ひび割れが生じるなど壊れ方が異なる場合があり、留意が必要であることがわかりました。

研究成果は、アンカーを用いた附属物取付け箇所の、より信頼性の高い設計方法確立のために活用していきたいと考えています。

※実験動画等のページ (short video) <http://www.pwri.go.jp/team/imarrc/activity/movie.html>

- 1) 公益社団法人土木学会：コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針 (案)、141 コンクリートライブラリー、pp.46～、2014
- 2) 社団法人日本道路協会：道路トンネル技術基準 (換気編)・同解説、平成 20 年改訂版、p.136、2008.1

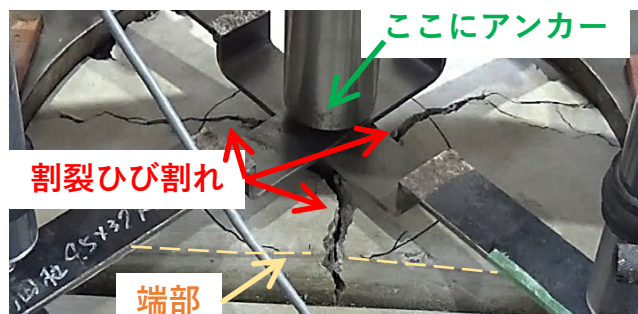


Photo-4: Splitting failure observed around the anchor near the concrete member's edge

In the case of enough edge distance, most failure mode in the tensile test was the concrete cone failure. On the other hand, in the case of minimum edge distance (edge distance is the same as the embedment depth), splitting cracks have been observed and the anchor broke without a cone, though tensile failure loads in the test were larger than the calculated concrete cone failure loads. From these test results, the edge distance of the anchor should be kept as an estimated 45° cone in the concrete member.

## 研究コラム 赤外分光分析によるアスファルトの劣化診断の省力化

アスファルトは供用中に紫外線や熱により劣化が進行します。このような劣化は、アスファルト舗装にひび割れなどを引き起こす原因のひとつとなっています。現状では、ひび割れなどの損傷がある程度進行してからの補修が中心となっています。しかし、損傷が顕在化する前に、アスファルトの劣化度合いを適切に把握することができれば、優先的に補修する箇所を選定しやすく、予防保全や延命化対策が可能となり、舗装の長寿命化に繋がるものと考えられます。そのため、供用中のアスファルトの劣化度合いを調べる必要がありますが、現状の技術では、実道からコアを採取し、アスファルトを溶剤で抽出する等、労力を要します (Figure-5)。

そこで、維持管理において、アスファルトの劣化診断を取り入れるのに適しており、専門知識や技術をあまり必要とせず、現場でも実施しやすい手法として、赤外分光分析を利用する方法に着目しました。この方法は、従来法 (Figure-5) よりも工程やサンプル量が少なく、測定から得られるアスファルトの酸化劣化の度合いを表す指標は、従来の指標 (針入度) と高い相関性があります。iMaRRC では、赤外分光分析による劣化診断をより手軽で利用しやすいものにするためのサンプリング方法や、測定手法について研究しています。赤外分光分析の測定手法の一つである全反射測定法 (ATR法) であれば、現場で採取したわずかなアスファルト混合物に含まれる微量のアスファルトから、短時間で劣化度合いを評価することが可能です (Figure-6)。iMaRRC では、サンプルを少量に抑えるだけでなく、抽出するための有機溶剤の使用量も抑える方法を検討し、従来よりも安全な評価方法を考案しています。

近年では、赤外分光分析装置の小型化や、ハンドヘルドタイプの装置 (Figure-7) が市場に流通しており、舗装現場やプラントでの活用が期待されます。今後、実道の劣化状態と、赤外分析による劣化度合いとの相関関係についてデータを蓄積し、アスファルト舗装の劣化診断の精度向上を図り、舗装の効率的な維持管理に貢献していきたいと考えています。※実験動画等のページ (short video)

<http://www.pwri.go.jp/team/imarrc/activity/movie.html>

### Application of Infrared Spectroscopy to evaluate aging asphalt

During service, asphalt may deteriorate, causing damage such as cracks in the asphalt pavement. Therefore, if the degree of asphalt deterioration can be properly evaluated, efficient maintenance is expected. However, evaluation of the deterioration of asphalt in service is insufficiently done because it takes a lot of time and damages the pavement (Figure-5).

iMaRRC focused on the method to evaluate the degree of aging asphalt using infrared spectroscopic analysis because it is easy to carry out in the field. With the attenuated total reflection (ATR), a small amount of asphalt coated on the aggregate can be examined for the degree of deterioration (Figure-6). This is a safer method because it can reduce the amount of organic solvent used for extraction.

Infrared spectroscopic analyzers in small sizes have recently been accessible, and a hand-held type analyzer (Figure-7) is expected to be used in the fields and asphalt plants. In the future, we improve the accuracy of deterioration of asphalt pavement, and contribute to the efficient maintenance of asphalt pavement.

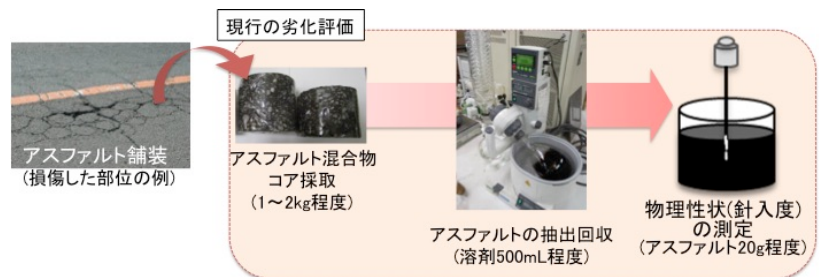


Figure-5 Common steps for determining the aging level of asphalt

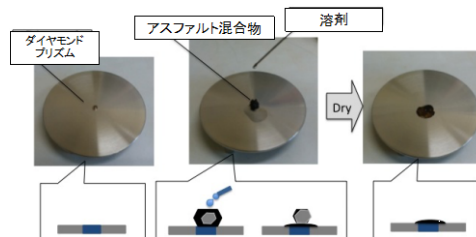


Figure-6 Sampling method for asphalt aggregate with ATR



Figure-7 Hand-held type FTIR

## 研究者紹介 iMaRRC Researchers

### 1. 佐々木 靖人

4月より土木研究所理事兼iMaRRC センター長をつとめています。

私は1987年に地質職として建設省に入省し、土研地質研究室（現地質チーム）に配属されました。以降、九州地方建設局に在籍した時期を除き、土研でダムや道路・地質環境・地質材料に関わる研究に携わってきました。ちなみに国土交通省には地質職が不在のため（国土地理院を除く）、土研が地質的な技術相談や基準類の検討をほぼ担っています。



前職（地質監）では全国のダム現場（＝山と居酒屋）を歩いてきましたが、今は現場が減ったので、趣味で借りている300坪の畑での野菜作り、キャンプ・山歩きなどのアウトドア、自然写真撮影などで気を紛らわせています。

そんな私がiMaRRCを兼務することになり、その意義を自問自答していますが、主に2つあげられると思います。

一つは、地質も人工材料も土木施設を支える「部材」であることです。試験方法など共通するものも多いです。ところで地質は分布や物性が不均質・不確実で、不確実性に起因する事故や災害が多いため、最近では土木事業における「地質・地盤リスクマネジメント」が重要となっています。人工材料の場合も、最初は均質ですが次第に劣化し、不均質・不確実になっていきますので、構造物の維持管理ではリスクマネジメント的な考え方が有効と思います。

もう一つは、異分野連携の重要性を痛感していることです。私が携わってきたダムでは、計画段階から維持管理段階まで、構造設計・地質・水理等の専門家が一緒に何度も現場（＋居酒屋）に行き、同じ物を見て課題解決に取り組む「ワンチーム」システムです。その時重要なのは、互いの専門への無知を恥ずかしながら、率直に疑問や意見を交わすことです。これにより課題の整理や深掘りが可能となり、リスクの発見や課題解決の糸口をつかむ確率が格段に上がります。土研の強みは異なる専門家の連携ができる人と部署があることで、iMaRRCも内外の連携をさらに強化しなければならないと考えています。連携の強化方法は、私自身は「現場主義と飲みニュケーション」でしたが、コロナ禍の時代、新しい連携スタイルを模索したいと思います。

Mr. Yasuhito Sasaki was assigned to the Executive Director of iMaRRC in April 2021.

He joined PWRI of the Ministry of Construction (MOC) as a geologist in 1987. Since then, he has worked on the geological environment and materials for dams and roads, except when working at Kyusyu Regional Development Bureau of MOC. There is no geologist in the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) now, so almost all of the geological supports for construction sites and the technical standards related to geology are conducted by the geologists of PWRI.

He mentions two points in the meaning of his assignment as the Executive Director of iMaRRC.

First, both geology and artificial materials are the "component" that support civil constructions. Also, there are many technical common points in both test methods. The distribution and performance of geology are sometimes inhomogeneous and uncertain which can cause accidents frequently. So, "geological risk management" is most important in public works services. The same concept of risk management may effectively maintain structures, because artificial materials are homogeneous when constructed, however, they will gradually become inhomogeneous and uncertain through a long time of service and deterioration.

Second, he strongly feels the importance of collaboration between different specialties. He has much experience working with other specialists such as structure design and hydraulics. The specialist team that has different backgrounds enable to find uncertain risk and to solve the problems. PWRI also has many specialists in various scientific areas. This is one of the advantages of PWRI. iMaRRC also must reinforce collaboration with researchers in PWRI and them in other researchers on institutes, including international.

## 2. 関島 竜太

令和3年4月にiMaRRC材料資源研究グループに交流研究員として着任致しました。本拠地は(一財)日本塗料検査協会という塗料検査に関する我が国唯一の第三者機関です。大学卒業から一途に勤めてまいりましたが、この度、出向という新たなチ



ャンスを頂き、前例のない大仕事に本拠地の第一号として挑戦させて頂きました。検査と研究は目的こそ違いますが、事実を正確に結果にするという点で共通する面もあります。交流研究員の受入れの目的である“土木技術水準の向上と土研及び本拠地の双方の業務の質の向上”のため、土研で多くの技術を習得し、スキルアップとともにネットワークを広げ、何かを残したいと思っております。また、コロナ禍ではございますが、人生初の単身生活を満喫し、本拠地と家庭に凱旋帰国できたらと思っております。

Mr. Ryuta Sekijima joined the Materials and Resources Research Group of iMaRRC as an exchange researcher in April 2021. I belong to the Japan Paint Inspection and Testing Association (JPIA), the only third-party organization for paint inspection and testing in Japan. I have worked hard there since I graduated from university. This time, I had a novel opportunity to work for this institute, and I started tackling an unprecedented big job as the first delegate of my organization. Testing and research have different purposes, but I think they have something common in which they draw out facts accurately. In response to the purposes of this exchange researcher system, “Improving researchers level of civil engineering technology and heightening the quality of work for both the Public Works Research Institute and affiliations”, I want acquire many techniques and skills, to expand my connections, and finally to establish something special during this experience. I will also enjoy my first one-person's life, though COVID-19 is still spreading. At the end of this mission, I hope to return to JPIA and our home with firm self-confidence like a triumphal return.

## 3. 野本 真兵

令和3年(2021年)4月にiMaRRC材料資源研究グループの交流研究員として着任致しました。大学では無機薄膜の研究をしていましたが、在学中に起こった東日本大震災の影響も有り公共インフラの重大性を実感しました。そして大学卒業後に道路舗装会社に入社し、以来神奈川県内のアスファルト合材製造工場に製造されるアスファルト混合物の品質管理を8年間担当していました。その後土木研究所への出向の機会を頂き、現在はアスファルトの赤外分光測定等、舗装用材料に関する研究を行っています。



勤務先が道路舗装会社故に、社会に出るからはアスファルト舗装についてのみしか学んでこなかったのですが、iMaRRCでは同フロア内で様々な分野の研究が行われており日々知見を広めています。短い間ですが沢山のはじめてに触れ大きく成長したいと思っております。

Mr. Shinpei Nomoto joined the iMaRRC as a collaborating researcher in April 2021. While in university, he researched inorganic thin films, he realized the importance of public infrastructure due to the impact of the Great East Japan Earthquake that occurred while he was in school. After graduating from university, he joined a road paving company, and since then, he has been in charge of quality control of asphalt mixtures manufactured at asphalt manufacturing plants in Kanagawa Prefecture for eight years. After that, he was seconded to the Public Works Research Institute and currently researching pavement materials such as infrared spectroscopic measurement of asphalt. Although it is a short time, he wants to touch many people for the first time and grow big.

## ニュース 研究職 1day 仕事体験を実施しました

土木研究所ではリクルート活動の一環として長期および短期のインターンシップの受け入れを実施しています。短期インターンとして、昨年度の2月に「研究職 1day 仕事体験」を行いました。このインターンでは、研究所の概要や実験施設の見学だけでなく、自分の興味のある研究グループにて、そのグループに所属している職員（研究者）とともに、研究についてディスカッションする時間が設けられています。どんな研究を行っているのか、今後どのような研究が必要となるかを話しながら、土木研究所の役割を学んでもらいます。

iMaRRC 先端材料・高度化担当では、1day 仕事体験において、大学生1名を受け入れました。iMaRRC で扱ってきた様々な土木材料を実際に見て、触れてもらいながら、今までの研究成果等について知ってもらいました。また、iMaRRC の研究員の専門が土木だけでなく、化学や農学など多岐に渡っており、自身の専門に捉われず、多様なバックグラウンドを持った人材が活躍できる部署であることにも興味を持ってもらえました。

夏季のインターンや研究職 1day 仕事体験等のイベントについては、土木研究所の採用ページをご覧ください。

### 1day-Internship report

PWRI has conducted long-term and short-term internships as recruitment activities. As a short-term intern, they held a “Researcher 1day work internship” in February. In addition to the outline of the institute and the tour of the experimental facility, this intern has time to discuss research with researchers. Students will learn about the research and mission of PWRI through discussions with researchers.

iMaRRC was accepted as a student in the 1day work internship. We explained our research while seeing and touching the various civil engineering materials handled by iMaRRC. She was interested in the fact that the backgrounds of iMaRRC researchers are not only in civil engineering also in chemistry, agriculture, and more. iMaRRC allows researchers with various expertise to play an active role.

If you are interested in recruiting events, please see the recruitment page of PWRI.

## 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
令和2年度廃棄物資源循環学会関東支部研究発表会優秀発表賞 (2020 Kanto-branch workshop of JSMCWM, Outstanding Presentation Award)	宮本 豊尚 (MIYAMOTO Toyohisa)	下水污泥焼却炉のし渣混焼に関する実態調査 (Survey on Screenings Co-firing on Sewage Sludge Incinerators)	一般社団法人廃棄物資源循環学会関東支部 (The Japan Society of Material Cycles and Waste Management (JSMCWM) Kanto Branch)	March 4th, 2021
令和2年度土木学会論文賞 (2020 JSCE Paper Award)	佐伯 竜彦, 富山 潤, 中村 文則, 中村 亮太, 花岡 大伸, 安 琳, 佐々木 巖, 遠藤 裕文 (SAEKI Tatsuhiko, TOMIYAMA Jun, NAKAMURA Fuminori, NAKAMURA Ryota, HANAOKA Daishin, AN Lin, SASAKI Iwao, ENDO Hirotake)	飛来塩分環境下にあるコンクリートの表面塩化物イオン濃度評価式の検討 (An Estimation Method for Surface Chloride Concentration on Concrete under Airborne Chloride Environment)	公益社団法人土木学会 (Japan Society of Civil Engineers)	June 11th, 2021