

## 研究コラム 鋼構造物用防食塗料の防食性能の評価

鋼橋や水門、ダムゲートなどの鋼構造物では、塗装による防食技術が多く用いられています。近年では塗装の耐久性向上、環境負荷低減、工程短縮などを目的として、様々な新しい塗料が開発されています。これまでに実績のないこれらの新しい材料の社会実装には、その物性を正しく評価し、鋼構造物用防食塗料に求められる性能水準を満足していることの適切な検証が不可欠です。iMaRRCでは、このような鋼構造物用防食塗料の性能の検証や、性能確認方法の確立のための研究を行っています。

鋼構造物用防食塗料の性能の中でも重要なものの一つが、水などの腐食因子を遮断し、鋼材に発生するさびを抑制する性能（防食性能）です。今日の塗料は耐久性が高いものが多いですが、塗膜に傷がある場合や、部材の端部、ボルト部で塗膜厚が十分につきにくいなどの場合には、その部分を起点とした腐食が発生・進展しやすくなります（Figure 1）。このような塗膜の防食上の弱点部における防食性能を迅速に評価するために、塗膜にカッターナイフ等で鋼材素地に達する人工的な傷を付けて腐食環境に置き、傷部に発生するさびが塗膜下に侵入して広がっていく程度（さびによる膨れの幅や面積）を調べる方法（Figure 2）を中心に、様々な新しい評価方法を検討しています。

塗膜の防食性能の試験に用いる腐食環境としては、連続塩水噴霧や、塩水噴霧と乾燥・湿潤工程との組み合わせによる複合サイクルがあります。複合サイクル試験では、より土木鋼構造物に適した試験条件の検討を行っています。これに加え実際の屋外環境での腐食特性の確認も重要なので、沿岸部をはじめ様々な場所での暴露試験も行っています。防食性能の優れた新しい塗料の活用は、鋼構造物の長寿命化の実現に重要と考えられることから、これらの研究成果を材料の性能評価方法の向上に反映させていく所存です。

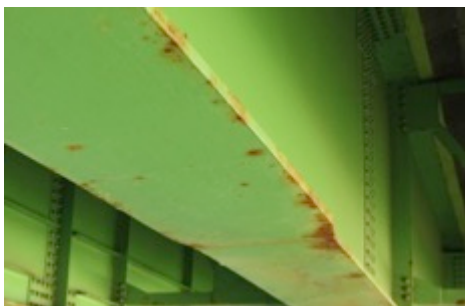


Figure 1: Example of rusting on the edge part of a bottom flange in steel road bridge girder where is the weak part against corrosion

### Evaluation of corrosion protection performance of protective coatings for steel structures

Protective coatings are widely used to protect steel structures from corrosion. Recently, new types of paints have been developed to improve coating durability, reducing the environmental load, and shorten the painting process. The iMaRRC is evaluating the practical applicability and developing quality verification test methods for such novel paints.

In a coated steel structure, corrosion is likely to occur in parts where coated film is physically damaged or where coated film thickness tends to be thin such as at corners of a structural member and bolts (Figure 1). In order to evaluate corrosion protection performance of coatings in such corrosive parts, the coated film of a specimen is intentionally scratched to expose the substrate using a cutter knife, and is subjected to outdoor exposure or accelerated corrosion tests.

Through testing, the film appearance is observed visually and rust creepage is evaluated quantitatively. The rust creepage is corrosion of a substrate that occurs around a scratched area of coatings (Figure 2). We comprehensively evaluate the corrosion protection performance of coatings based on those results.

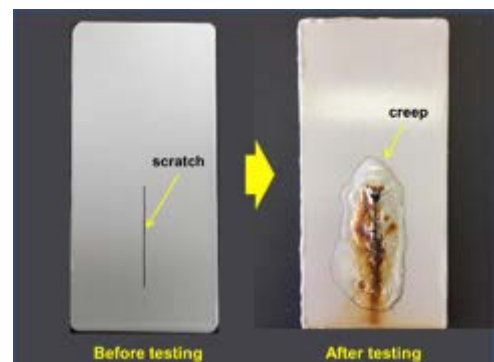


Figure 2: Typical appearance of a specimen before and after accelerated corrosion testing  
実験動画等のページ (short video)

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

## 研究コラム 草木系バイオマスと下水汚泥脱水助剤利用

下水には、豊富な有機物が含まれており、下水処理過程で下水汚泥に変換されています。これは、有機系バイオマスとして、有効利用されることが期待されています。さらに近年、下水処理場で地域バイオマス受入れの取り組みが推進されてきています。生ゴミなどの分解しやすいバイオマスは、下水汚泥と混合してメタン発酵\*を行うことで、バイオガスの回収量を増やす取り組みが広まっています。一方で、河川等で発生する刈草や湖で繁茂する水草等の草木系バイオマスも、メタン発酵によるバイオガス回収、コンポスト化や焼却時の補助燃料としての利用など、様々な検討がなされています。しかし、分解しにくい等の理由で、エネルギー収支やコスト収支に見合う最適な有効利用方法が確立されているとは言い難いのが現状です。(※メタン生成菌の働きにより有機物をバイオガス(メタンガス)に変換してエネルギーを得る方法)

そこで iMaRRC では、草木系バイオマスを下水処理場において、『下水汚泥の脱水性を高める物質(脱水助剤)』として活用する研究を行っています。下水汚泥と草木系バイオマスを一緒に混合して脱水すると、草木系バイオマス(固形物)が、汚泥中の水分の通り道になり、水分が汚泥の外に出やすくなります。これは、ニューズレター第15号で紹介した、みずみち棒による下水汚泥の濃縮技術と同様です ([https://www.pwri.go.jp/team/imarrc/newsletter/imarrcnewsletter\\_vol15.pdf](https://www.pwri.go.jp/team/imarrc/newsletter/imarrcnewsletter_vol15.pdf))。草木系バイオマスの混合量以上に、汚泥中の水分が減少すれば、脱水した後の汚泥の含水率や量が、従来よりも減少することになり、その後の処分コストも安くできる可能性があります。

この技術を確立することは、未利用バイオマスの有効活用、下水汚泥と地域バイオマスの連携処分による省エネルギー化の点で重要であるといえます。

“草木系バイオマスと下水汚泥の混合脱水実験”の様子を iMaRRC ホームページに掲載しましたのでご覧ください。

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

### Plant biomass recycling as a dehydration aid for sewage sludge

Recently, the use and energy conversion of local biomass in wastewater treatment plants have been promoted. Biomass, such as garbage and human waste, is mixed with sewage sludge and subjected to methane fermentation to recover biogas.

Plant biomass, such as grass in rivers and aquatic plants in lakes, is being considered for use in methane fermentation, composting, and auxiliary fuel during incineration. However, no optimal effective usage method regarding energy and cost balance has established.

For many years, iMaRRC has been conducting research and development to use plant biomass as a dehydration aid for sewage sludge.

The establishment of this technology is critical from the viewpoint of the effective use of unused biomass and energy conservation through the joint treatment of sewage sludge and local biomass.

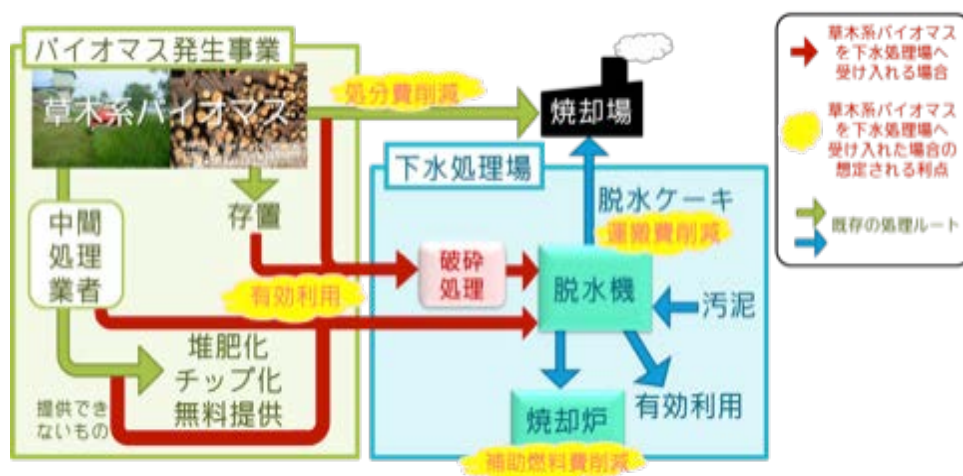


Figure 3: Plant biomass recycling as a dehydration aid for sewage sludge

## 技術情報 コンクリート構造物の強度推定に関する非破壊試験

コンクリート構造物の新設時や維持管理の場面で様々な非破壊試験が、活用されています。iMaRRC では、これまでの研究で非破壊試験の活用方法について、さまざまな情報発信を行っているため、その内容を紹介したいと思います。

今回は、新設構造物の検査の一部として使用されるコンクリート強度推定に関する非破壊試験方法を紹介します。なお、ここでは、若干の破壊を伴う微破壊試験も非破壊試験に含めています。

### (1) 反発度法

錘をコンクリート表面に衝突させたとき、表面が硬いほど跳ね返り量が多いことを利用して、コンクリート強度を推定する方法です。反発度の測定方法は、JIS A 1155（コンクリートの反発度の測定方法）として規格化されています。

iMaRRC では、「テストハンマーによる強度推定調査の6つのポイント」として、調査の留意点を紹介しています。この方法は手軽に実施できる点が利点です。一方、様々なコンクリートについて特定の強度推定式を当てはめて推定を行うので、ある程度の推定誤差が生じることを理解しておく必要があります。なお、既設構造物に適用する場合、長期にわたってコンクリート表面が乾燥した影響で反発度が大きく測定される場合があることに注意が必要です。

### (2) 弾性波を用いる方法

コンクリート表面を打撃して発生させた弾性波や圧電セラミックス等で発生させた超音波が、コンクリート中を伝わる速度を測定し、強度が高いほど速度が大きいことを利用して、コンクリート強度を推定する方法です。

弾性波の速度は、コンクリートに用いられている骨材の品質等の影響を受けやすいため、強度を適切に推定するためには、使用するコンクリートごとにあらかじめ弾性波速度とコンクリート強度の関係を求めておく必要があります。このため、事前の準備に時間やコストを要します。ただし、推定の誤差は比較的小さくなります。なお、既設構造物に適用する場合、通常は弾性波速度とコンクリート強度の関係が求められていないので、弾性波速度を測定した箇所の一部でコアを採取して圧縮強度試験を行うなど、何らかの方法で調査して作成する必要があります。



Figure 4: Measurement of rebound number



Figure 5: Measurement of the velocity of ultra-sonic wave in concrete

### Non-destructive Test Methods for Estimating the Compressive Strength of Concrete

iMaRRC provides technical information about non-destructive test (NDT) methods used during the completion inspection of newly built concrete structures.

#### (1) Rebound number method

The rebound number method is an easy NDT method for the compressive strength of concrete to investigate newly constructed concrete structures. While the method to measure the rebound number is standardized as JIS A 1155, the relationship between the rebound number and compressive strength of concrete is unestablished. Given this, iMaRRC provides a technical note “Six points for the estimation of the strength of concrete by rebound number method.”

#### (2) Shock elastic wave method and ultrasonic wave method

The shock elastic wave and ultrasonic wave methods are NDT methods for the compressive strength of concrete. The bigger the strength of concrete, the faster the elastic wave in concrete becomes. However, the property of aggregate in concrete affects the relationship between the velocity of elastic wave and compressive strength. The relationship, therefore, should be determined using the data obtained from a certain concrete that was used in the inspected concrete structures.

### (3) ボス供試体を用いる方法

コンクリート打設前の型枠に、取り外し可能なボス供試体用の型枠をとりつけることで、打設と同時にボス型枠内にもコンクリートを充填し、硬化後にこのボス供試体を採取して強度試験を行う方法です。ボス供試体は、Figure 6 に示すように構造物の本体から突出した形で作成されます。ボス供試体を採取しても構造物に悪影響はありませんが、採取あとが残るため美観が求められる部位では注意が必要です。

ボス供試体による強度試験は、今年、JIS A 1163 (ボス供試体の作製方法及び圧縮強度試験方法) として規格化されました。

### (4) 小径コアを用いる方法

コアを採取してのコンクリートの圧縮強度試験では、一般にはコンクリート中の粗骨材の最大寸法の 3 倍以上の径とすることが求められ、75～100mm 程度の径のものが用いられます。これよりも小径のコア (例えば、25mm) を用いて圧縮強度試験を行う方法です。

小径とすることで、構造物への影響を大幅に抑えることが可能です。ただし、適切に圧縮強度を測定するためには、供試体の整形方法や使用する強度試験装置などを適切に選定するなどの留意が必要となります。

これらの技術は、その特性に応じて新設構造物の検査などに用いられ、iMaRRC では、反発度法について、「テストハンマーによる強度推定調査の6つのポイント」として調査の留意点を示しています。

反発度法：テストハンマーによる強度推定調査の6つのポイント

(<https://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/testhammer/testhammer.pdf>)

また、弾性波を用いる方法、ボス供試体を用いる方法、小径コアを用いる方法については、国土交通省の「微破壊・非破壊試験による新設の構造体コンクリート強度測定要領 (案)」および測定方法ごとの測定要領 (案) に詳細な情報があります。

(<https://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/hihakai/conc-kyoudo.html>)



Figure 6: BOSS specimen

### (3) Compressive strength using BOSS specimens (JIS A 1163)

Broken Off Specimens by Splitting (BOSS) specimens are concrete specimens fabricated in metal formworks attached to the original formwork of concrete structures (Figure 6) at the same moment of placing of fresh concrete. BOSS specimens have been standardized recently as JIS A 1163.

### (4) Compressive strength using small diameter cores

In standard test methods, the diameter of concrete cores should be more than triple the size of aggregate in concrete. However, it is not easy to take standard cores, because coring can damage concrete structures. Small cores (typically 25 mm in diameter), therefore, is an option to minimize the damage in the inspection. When small cores are used for testing the compressive strength of concrete, adequate test machines and test procedures are needed to obtain precise results.



Figure 7: Comparison of a small diameter core (diameter of 25mm) and a standard core (diameter of 100mm)

## 研究者紹介 iMaRRC Researchers

### 1. 小沢 拓弥

令和2年4月に新規採用職員として土木研究所に入所し、iMaRRCの材料資源研究グループの研究員に着任しました。高専では機械工学を専攻し、金属材料の異方性が弾性挙動に与える研究を行いました。



しかし、土木構造物のスケールの大きさに惹かれ、大学院の進学を機に土木分野へ身を移し、疲労損傷が生じている鋼橋を対象とした炭素繊維シートによる補修・補強の研究に取り組みました。現在、私は、(1)AIを活用した橋梁維持管理の効率化、(2)コンクリートの凍害、(3)土砂化したコンクリート床版の補修工法に関する研究に携わっています。コンクリートに対して知識不足な面があると痛感していますが、他分野を学んできた強みを活かし、独自の観点で物事を捉え研究に従事できればと考えております。

私生活の方では、入所まもなく COVID-19 の感染対策として在宅勤務になってしまったため戸惑いもありましたが、周りの方々の支えもあり、新生活の環境にも大分慣れてきました。これからも、健康的な生活を心掛けて、研究業務に取り組む所存です。

Mr. OZAWA Takumi joined the PWRI in April 2020 and became a researcher at the iMaRRC. Currently, he is engaged in research on (1) the efficiency of bridge maintenance management using AI, (2) frost damage of concrete, and (3) repair methods of concrete slab deterioration. He is keenly aware of a lack of knowledge regarding concrete. However, he wants to leverage the strengths of learning in other fields and engage in research by grasping things from a unique viewpoint.

In private, he was confused because he was working at home as a countermeasure against COVID-19 infection soon after entering the PWRI. However, with support from the people around him, he has become accustomed to the new working environment and will healthily continue this research.

### 2. 大本 拓

令和2年(2020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。大学院では雨水貯留施設による浸水軽減効果に関する研究を行い、2015年4月に建設コンサルタントに入社し、下水道管路の計画や浸水・地震対策等の業務に関わる部署に5年間所属しておりました。



その後、土木研究所へ出向する貴重な機会を頂いたので、下水道事業を通して、エネルギー対策や地球温暖化対策等に少しでも貢献できるよう、研究に励みたいと思います。また、他分野についても学ぶ良い機会なので、受け身で日々を過ごすだけでなく、幅広く視野を広げ、興味を持ち、様々な方と交流できたらと思います。

普段は、美味しい肉や魚を食べたり、飲みに行ったり、運動することが好きです。学生時代まではラグビー、フットサル、バレー等を経験し、社会人になってからは冬にスノーボードに行ったりしております。

これから色々とお世話になりますが、宜しくお願い致します。

Mr. OMOTO Taku joined the iMaRRC as a collaborating researcher in April 2020. While in graduate school, he researched the inundation reduction effect of rainwater storage facilities and worked as a construction consultant since April 2015. He worked at the department of planning of sewage pipeline or anti-inundation or earthquake measures for five years.

He wants to research to contribute to energy or global warming measures through the sewer business because of this valuable opportunity to be sent to the iMaRRC. He hopes to build a network of collaborators with a broad spectrum of knowledge who are driven by a positive attitude.

He likes to have delicious meat, fish and drinks, and exercise. He played rugby, football, and volleyball in school and started snowboarding in winter after work. It is my pleasure to work with you.