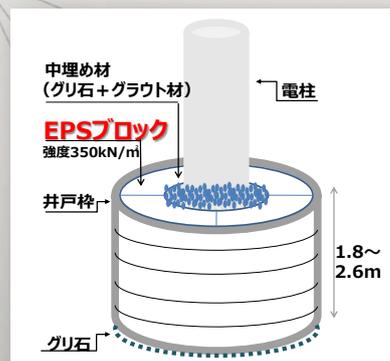
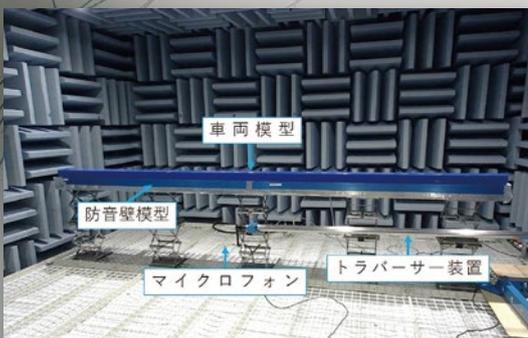
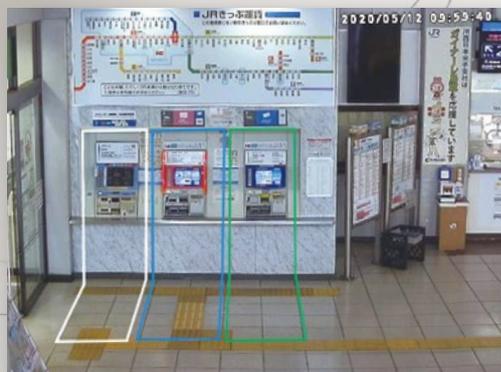


# 技術の泉

West Japan Railway company  
Technical Information Magazine

JR西日本技術情報誌

No.45 2021年



JR西日本は、2018年に「技術ビジョン」を策定しました。ありたい姿の実現を技術面から模索していく姿を示しています。(JR西日本ホームページ参照)

私たちは、技術による課題の解決と変革を進めていきます。この取り組みを、本誌を通じて社内および社外の皆さまへ発信していきます。

「技術の泉」は、JR西日本ホームページ (<https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/technical/>)でも閲覧できます。「JR西 泉」で検索してください。

検索

社員・グループ社員は各社内ポータルでも閲覧できます。



No.45 JR西日本技術情報誌

【編集発行】  
西日本旅客鉄道株式会社 鉄道本部 イノベーション本部  
〒530-8341  
大阪市北区芝田2丁目4番24号  
TEL 06-6375-2106(NTT)  
071-5091(JR)

【発行責任者】  
鉄道本部 イノベーション本部長  
久保田 修司

本誌掲載記事を無断で転載複製することはできません。

# CONTENTS

## 巻頭言

**イノベーションによる変革推進**  
～能動的に考え、学び、採り入れ、やってみる～  
執行役員 鉄道本部副本部長 鉄道本部イノベーション本部長  
久保田 修司 01

### NEW

## Innovation Information

**AIロボット(歩夢 -Ayumi-)による**  
**近未来の駅お客様案内に向けて**  
イノベーション本部 うめきたPT 四家井 祐一 03

**お客様と共に実現する**  
**イノベーション「みんなの駅」**  
イノベーション本部 オープンイノベーション室 五十嵐 翔太 04

## Invitation To Railway Technology

**鋼鉄道橋バックルプレート部の**  
**き裂に対する簡易な補修方法の開発**  
構造技術室 福本 守 05

**架線ハンガへの着雪現象の解明による**  
**輸送障害防止**  
金沢支社 金沢新幹線電気区  
徳田 一平 高桑 謙太 07

**防音壁の更新工事における音響性能の**  
**評価法**  
新幹線鉄道事業本部 新幹線施設部 環境対策室  
新田 琢磨 09

## 現場第一線

**カメラ技術を活用した**  
**駅業務サポートシステムの開発**  
米子機械区 足立 裕貴 11

## 現場第一線

**発泡スチロールを主材料とした電柱基礎の開発**  
大阪電気工事事務所 工事課  
三村 章悟※現 株式会社てつでん出向 小池 智大※現 和歌山電気区 12

## JR西日本グループ会社より

**【株式会社JR西日本テクノス】**  
**鉄道車両用空気清浄機の開発**  
株式会社JR西日本テクノス 車両事業部  
高木 伸彰 川口 裕介 13

**【株式会社てつでん】**  
**アルミ材料を用いた架線支持物の開発**  
株式会社てつでん 三村 章悟 14

## 技術のよりどころ

**車両の動揺を抑制する装置「空気ばね」について**  
車両部 車両設計室 近藤 晃大 15

## 地球環境保護の推進

**建物の設備に関わる技術者のみなさんへ**  
**「仕事の枠組みを見直し、新たな価値の創造を！」**  
京都駅ビル開発株式会社 顧問 高浦 敬之 17

## 基礎・土構造物研究室から(公益財団法人 鉄道総合技術研究所)

**遠心模型実験による掘削土留め工の変形・土圧評価**  
基礎・土構造 中島 卓哉※現 大阪工事事務所なにわ筋線担当課 19

## 知財の広場

**2019年度 特許等登録状況**  
**ミニコラム：特許豆知識(基礎編)** 20

# イノベーションによる変革推進

## ～能動的に考え、学び、採り入れ、やってみる～

執行役員 鉄道本部副本部長  
鉄道本部イノベーション本部長



久保田 修司

令和3年(2021年)になりました。昨年春から始まった新型コロナウイルスの感染拡大はまもなく1年が経過しようとしています。早くこの災いから解放されたいと皆が願っていると思いますが、もう暫く我慢が必要のようです。

これほどまでに世界の人々の暮らしが同時に変わってしまう状況が過去にあったでしょうか。当社を含め人々の移動に関わる運輸・交通・旅行などのセクターは、経営的に大打撃を受けており、各社が大幅な収入減の中、生き残りをかけて対応策を模索しています。感染症の拡大は(いつかは発生するという意味で)想定可能であったリスクという意見もありますが、これほどのパンデミックを目の当たりにしつつ未来を見据え、今後、どのようなリスクに立ち向かい、どのようなチャンスを手握んでいくべきでしょうか？

元々日本では2008年をピークに人口が減少してきており、近年はインバウンドの増加でそれを補っている(人口減少効果を隠している)という構図でありました。コロナ禍によりこれが一気に顕在化したわけです。変動要素の多いインバウンドを横に置けば、従前からの日本の人口減少傾向と、ウィズコロナ・アフターコロナにおける急激なデジタル化による働き方・暮らし方の変容によって、以前と同様の移動需要を取り戻すことは困難であると考えざるを得ません。鉄道事業者として、将来にわたり使命を果たし続けるため、また社会インフラ企業として地域と共に発展していくため、私たちは集中的に鉄道事業の構造改革に取り組み、変化対応力を高め、短期間で成長の基盤を再構築していく必要があります。

2020年6月、当社は鉄道技術の変革推進で経営に資することを目的にイノベーション本部を創設しました。構造改革のエンジンとして、非連続的な新しい価値を創造していく私たちのミッションは、より明確になったと感じています。常にバックカスティングの視点を持ち、将来の「ありたい

姿」を描き・共有しつつ、社外との連携体制も築きながら一体になって変革を進めていきます。

それに先がけ2018年には「技術ビジョン」を策定しております。これは、技術の可能性を追求しシステムチェンジを進めることで、複雑化や多様化、また高度化する社会課題の解決を実現していく考えを示したものです。技術ビジョンの示す3つのありたい姿は、「①:技術によるさらなる安全性と輸送品質の向上」「②:シンプルでシームレスなお客様お一人おひとりへの鉄道・交通サービスの提供」「③:IoTやAIなどを活用した働き方改革、生産性向上、地球にやさしい持続可能な鉄道・交通サービスの構築」です。

現在のコロナ禍による急激な環境変化に伴い、これまでの開発案件の重点化を図ることは必要なことと思いますが、技術ビジョンの示す方向性は堅持していくべきと考えています。

技術ビジョンを具現化していく中で大切にしたいこととして「他から学ぶ」というプロセスがあります。当社では特に安全面において「能動的に考え、学び、採り入れ、やってみる」ことを推奨しており、「イノベーション」においても同じ考えが役に立つと思っています。先ずは何をやりたいのか、将来のありたい姿や現場の課題からニーズを徹底的に勉強して理解し、ニーズを満足するために必要な機能を考え、他社のやり方や技術動向を調査し、採り入れたりアレンジしたりする。そして現場のオペレーションに組み込み、適応状態を繰り返し確認しながら修正を施してベストフィットを狙っていく。場合によっては、新規に開発が必要な技術の壁があるかもしれませんが、実は世の中には既にブレイクスルーできる技術が存在していて、案外、私たちが知らないだけということも多いのではないのでしょうか。

自前主義から脱してオープンイノベーションを自在に使うことができなければ、世の中の変革のスピードについていけなくなるでしょう。ぜひ「能

動的に考え、学び、採り入れ、やってみる」を意識して実践していきましょう！

現在、技術に関する展示会や講演会が数多く実施されています。コロナ禍を受けオンラインでの開催が増えたこともあり、より多くの情報に触れることが可能となりました。そういった、他の領域から鉄道へ応用できる技術に気づくことも大切でしょう。また、他の鉄道事業者や鉄道技術の振興を進める団体などからの情報もより身近で有力です。

その観点からひとつ紹介させて頂きたいのが「日本鉄道サイバネティクス協議会」についてです。日本鉄道技術協会(JREA)の特別部会で「情報・通信・制御技術の鉄道への適用」を目的としており、まさに鉄道のデジタル化に通じるものがあります。そのホームページ※には、サイバネティクス会誌、鉄道サイバネティクス論文、調査研究報告書などの情報に触れることができます。新技術を適用した事例が数多く掲載されており、他社の課題認識、解決に向けた考え方、技術動向などを入手することができます。

さて、折角の機会なのでイノベーション本部の取り組みを二つ紹介させていただきます。

一つ目は「うめきた地下駅」についてです。うめきた地下駅を技術ビジョン具現化に向けた「未来駅」と位置づけ、様々な新技術による顧客体験の創出や将来の駅の姿の実現に向けチャレンジしています。現在、うめきた地下駅の開業メニューを精査しており、今後各メニューは開発段階から実装段階に入っていきます。鉄道では前例がないけれども何処かで使われている技術を応用したものも多くあり、オープンイノベーションを活用した実例と言えます。ぜひともこの取り組みを成功させて、

2023年春の開業時には未来駅の一面をご覧頂けるよう引き続き頑張っていきます。

二つ目は、「BRT(バス・ラピッド・トランジット)のチャレンジ」についてです。鉄道でもなくバスでもない新たな交通モードとして成立させることを目標に技術開発を進めています。具体的には、レールやまくら木といった鉄道特有の重厚な設備のない専用道において、複数のバスを電子連結で隊列走行させることにより、1回で数百人規模の輸送を実現しようというものです。先日、ホンダが自動運転(レベル3:特定の条件下で車の運転のすべてをシステムが行う)の世界初の認可を得たというニュースがありました。私たちの取り組みでも自動運転(支援)技術を検証・実用化すべく、新たな交通モードの提案ができるよう、ソフトバンク等とプロジェクトを組んで進めています。

最後になりましたが、今後も関係の皆さまに、この「技術の泉」というJR西日本技術情報誌を通じ、有益な情報をお伝えすることができるよう努めていくと共に、オープンイノベーションのきっかけともなることを願っております。

将来へ向けて、このコロナ禍における様々な気づきを得るとともに、インフラ企業としての責任を引き続きしっかり果たしながら、イノベーションによる技術面からの変革を推進していきましょう！

### ※「日本鉄道サイバネティクス協議会」のホームページ

会員企業の社員であれば、そのホームページにアクセスし(JREAのホームページ経由)、情報を閲覧することができます。興味のある方は、各企業のご担当者へ問い合わせください。(当社の場合は、鉄道本部イノベーション本部開発マネジメントです。)

# A Iロボット（歩夢 - Ayumi -）による 近未来の駅お客様案内に向けて

イノベーション本部  
うめきたPT



四家井 祐一

## 01 はじめに

当社では、2023年春に開業予定のうめきた(大阪)地下駅を「JR西日本技術ビジョン」の具体化に挑戦する未来駅と位置づけ、「『あなた』が笑顔になる駅」をコンセプトに具体的なメニューの検討を進めています。



写真1：設置外観

そのメニューの一つである、AIでのお客様案内の可能性を検証するため、大阪駅桜橋口において「AI 駅案内ロボット(歩夢 - Ayumi -)」によるサービス提供を実施しています(写真1、図1)。



図1：案内キャラクターと案内イメージ※1

歩夢 - Ayumi - は、「非対面」や「非接触」でのご案内が可能であり、コロナ禍によって変化した、「新しい生活様式」にも対応しています。

今回は、そんな歩夢 - Ayumi - の、「非対面」や「非接触」機能の一部をご紹介します。

## 02 機能の紹介

### (1) 完全非対面でのご案内

歩夢 - Ayumi - は、学習を重ね、答えられる範囲を拡大していきますが、何でも答えられるわけではありません。大部分の案内業務に対応できることを目指していきますが、最後は人による対応が必要になります。そこで、AIが回答できないお問い合わせに対し、JR西日本お客様センターに接続して、リモートでのご案内を可能とするシステムを搭載し、お客様の“がっかり”を防ぐと共に、完全非対面で、一連のご案内を実現しています(図2)。

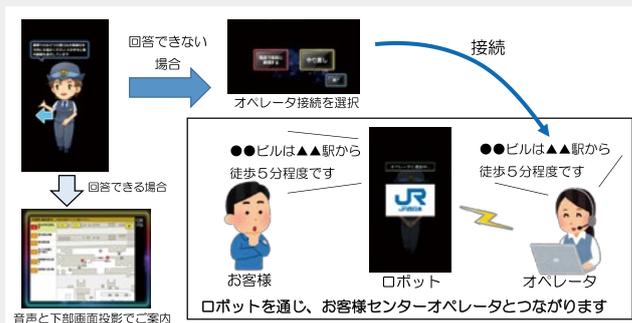
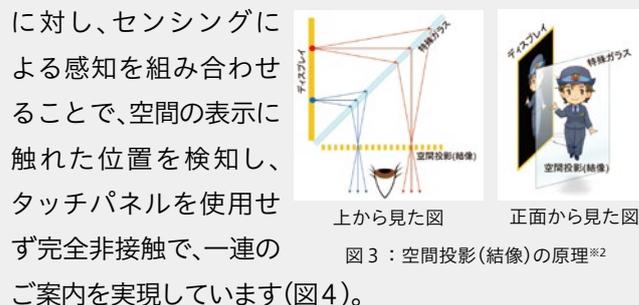


図2：歩夢 - Ayumi - が回答できない場合のご案内

### (2) 空間投影技術による非接触操作

メイン部や手元・操作部は、全て空間上に映像を表示させています。この、空間投影は「結像」という技術を活用しています。歩夢 - Ayumi - ではディスプレイ(光源)からの入射角に対し、全く同じ出射角で通過する、特殊なガラスプレートを組合せることにより、光源の距離と、ガラスプレートを隔てて同じ距離・位置に、光源と同じ画面を空間上に投影(結像)しています(図3)。さらに、空間上の操作表示



に対し、センシングによる感知を組み合わせることで、空間の表示に触れた位置を検知し、タッチパネルを使用せず完全非接触で、一連のご案内を実現しています(図4)。



図4：操作部イメージ

## 03 おわりに

鉄道環境下における安定したご案内の実現に向け、AI学習強化や、音声認識率の更なる向上などの課題はありますが、今回の実証で得られた知見を基に、さらなる検討を重ね、うめきた(大阪)地下駅では、ストレス

※1：本ロボットは、株式会社JR西日本テクシアにより開発

※2：【参考資料】株式会社アスカネット (ASKA3D) <https://aska3d.com/ja/> (本技術を活用)

# お客様と共に実現する イノベーション「みんなの駅」

イノベーション本部  
オープンイノベーション室

五十嵐 翔太



## 01 はじめに

「イノベーションは誰が起こすのでしょうか？」  
企業あるいはS、ジョブズのような個人を思い浮かべた方が多いかと思います。それも正解ですが、実はユーザーによってなされる、あるいはユーザーと共に実現されるイノベ

ションが世の中には数多く存在します。

今回はそんな視点から、近畿統括本部の施設課や新大阪駅が取り組んでいる「みんなの駅」について紹介します。

## 02 「みんなの駅」

「みんなの駅」は、お客様にスマホアプリから駅設備の不具合情報を投稿していただき、それによりタイムリーな修繕対応、さらには点検等への置き換えにつなげていくことができないう仮説を検証する実証実験です。2020年10月1日から新大阪駅の在来線改札内設備を対象として実施しています。

具体的な検証項目は①お客様のお力をお借りして駅設備の管理を行うという考え方が世の中にどのように受け止められるのか、②たくさんの投稿があった場合においてもタイムリーな修繕対応を維持できるかどうか等です。11月末時

点で163名の登録と14件の投稿があり、登録していただいた情報に基づいて点字ブロックの亀裂の修繕を行うなど、速やかに対応できた事例も生まれています。

この取り組みには、実はお手本があります。市民から道路の舗装やカーブミラーの割れ等の不具合をスマホアプリにより報告してもらい、行政の設備管理に活かす取り組みです。有名なものでは、千葉市の「ちばレポ」や京都市の「みつけ隊」等があります。また、海外発の「FixMyStreet」というアプリも存在します。

鉄道においてはこれが全国初の試みとなります。

## 03 ユーザーとの共創によるイノベーション

世界ではこのようなユーザーとの共創により様々なイノベーションが生まれています。例えばLEGOでは、顧客が自分の欲しい製品を提案し、他会員からの支持が得られれば開発メンバーとして製品化まで携わる仕組みを構築しています。世界中で愛されているLEGOブロックは、こうした顧客との共創により生まれたイノベーションの成果だといえます。また、無印良品においても、ネット上での顧客による製品アイデアの投稿、投票等により開発過程をオープンにし、顧客からニーズだけではなくソリューションの情報までを調達する「クラウドソーシング」と呼ばれる手法により、ユーザーとの共創によるイノベーションを実現しています。

このような「ユーザーイノベーション」の事例を研究して

いるE. Vヒッペルという著名な経営学者がいらっしやいます。文末に著書をご紹介しますので興味がある方はぜひお読みください。

こうした観点からいうと、「みんなの駅」は、お客様との共創により従来の設備管理にイノベーションをもたらすことを企図した取り組みといえます。もっと言えば、これまでのお客様と当社との境界線を引き直す、顧客と企業の関係性を変える取り組みです。さらに、投稿していただいたお客様に対応状況のフィードバック等を行うことにより、お客様との距離を縮め、当社のファンになっていただく、自ら利用する駅に愛着を持っていただくことも意識した、とても意欲的でチャレンジングな取り組みなのです。

## 04 おわりに

今回の新大阪駅での実証実験で十分な検証がなされれば、他駅や他線区、特に管理が手薄になりがちな無人駅などへも展開していきたいと考えています。さらには、車両など他の設備分野にも展開できるのではないかと考えています。

今回紹介した事例の他にも、私たちとお客様との共創に

よって生み出せるイノベーションはないか、そんな視点で、改めて私たちの仕事について考える機会にさせていただければ幸いです。

「みんなの駅」にご協力いただいた多くの皆様、ありがとうございました。紙面を借りて御礼申し上げます。

### ○参考文献

- E. Vヒッペル「民主化するイノベーションの時代」2005
- E. Vヒッペル「フリーイノベーション」2019
- 小川進「ユーザーイノベーション：消費者から始まるものづくりの未来」2013

# 鋼鉄道橋バックルプレート部のき裂に対する簡易な補修方法の開発

構造技術室

福本 守



## 01 はじめに

2018年3月に制定された「技術ビジョン」に基づき、構造技術室では、土木部門のめざす未来・ありたい姿を示した「土木構造物ビジョン」を策定しています。具体的には、めざす未来・ありたい姿を「持続可能な土木構造物の実現」とし、それを達成するための4つの施策を掲げています。本稿

## 02 開発目的

本技術の適用対象となるバックルプレート(以下、BP)式の鋼鉄道橋(図1)は、1930年代以前に架設された鋼橋で、当社管内に約450橋あり、JR神戸線や大阪環状線等の高密度運輸線区に集中しています。それまでは主桁等にまくらぎを直接載せた橋りょうが一般的でしたが、特に上記の環境では騒音防止のニーズが高いことから、主桁上に鋼板を張りその上に道床バラスト軌道を敷く、いわゆる有道床式が採用されました。BPはその軌道や列車荷重を支える鋼板で、凹形状にすることで厚さが7mm程度と薄くても、(やや大きですが)ハンモックのように荷重を柔軟に支えられる工夫が施されています。

で紹介する技術開発は、このうちの「土木構造物管理の最適化—維持管理における新技術・コストダウン—」に位置づけられるもので、2019年度までの時点で実用化に至った事例です。

BP式鋼鉄道橋は、多くが架設から約1世紀経過し、(写真1)のようにき裂が発生しているものがあります。これを放置するといずれ軌道の陥没や橋りょう下の道路への道床バラストの落下等、旅客や公衆の安全を脅かすことから、何らかの対策が必要となります。このき裂に対し、これまではBPの下面全面を新たな鋼床版とモルタルで覆う補修方法(以下、従来下支え)(写真2)を用いてきましたが、施工性・経済性や補修後の検査のしやすさ等に課題があったため、これらの課題を克服できる簡易な補修方法を開発しました。

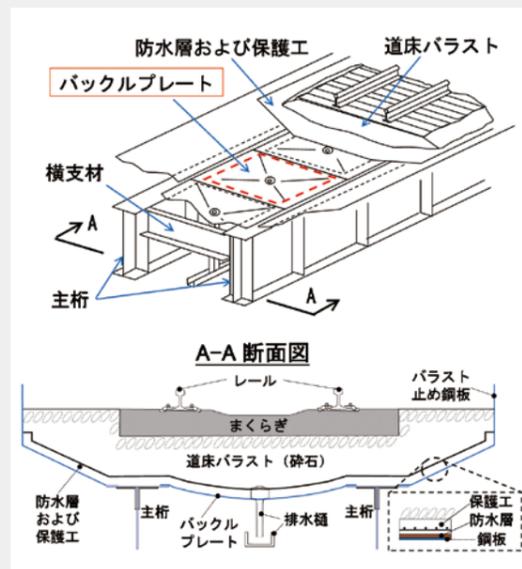


図1：BP式鋼鉄道橋の構造概要



写真1：き裂発生事例



写真2：従来補修方法(従来下支え)

## 03 開発概要

### (1) 簡易な補修方法の概要

今回開発した簡易な補修方法(以下、簡易下支え)の構造を(図2)に示します。簡易下支えは、(図2)のようにはしご状に組んだH形鋼を主桁等の橋りょう部材に取付け、その上部にガイド材(溝形鋼)を設け、BPとの間

に間詰めを行うという、従来下支えよりも簡易な補修方法です。

簡易下支えは、従来下支えよりも施工性・経済性に優れること、およびBPのき裂を下面から目視で確認できること等の特長を有します。特に後者の特長は、補修後の維持

管理を容易にするという点で、土木構造物管理の最適化、ひいては持続可能な土木構造物の実現に資するものと考えています。

### (2) 効果の検証

本技術開発では、簡易下支えの開発に加え、実橋での調査等に基づき、BPのき裂がBP上面の腐食の影響を大きく受けることを明らかにしました<sup>1)</sup>。この点について、簡易下支えは、BP上面の腐食を抑制することはできないことから、補修後もBPの腐食に伴いき裂が進展する可能性が考えられました。このため、簡易下支えには、施工性や経済性に優れるだけでなく、仮にBPのき裂が進展した場合においても列車荷重を支持できる性能が求められました。

この性能を満足するかを検証すべく、実橋を模擬した実大試験体(写真3)を用いた載荷試験、および有限要素法解析を行いました。また、実橋での施工(写真4)を行い、その施工性・経済性を検証しました。

載荷試験および有限要素法解析の結果、簡易下支えを施

工することで、たとえBPのき裂が進展して取付け部の4辺全てが破断したとしても、列車荷重を長期的に支持できることがわかりました<sup>2)</sup>。また、実橋での簡易下支えと従来下支えの施工実績を比較した結果、簡易下支えは従来下支えに比べ、補修用材料も少なく、施工量が約60%まで低減できることがわかりました。

なお、軽微なき裂に対しては、き裂の根本原因であるBP上面の腐食を抑制し、より橋りょうの長寿命化に寄与できる補修方法を別途開発しています<sup>3)</sup>。

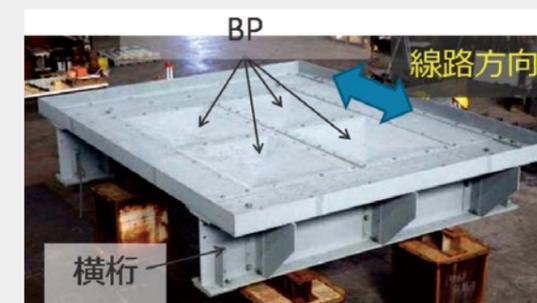


写真3：実大試験体 全景

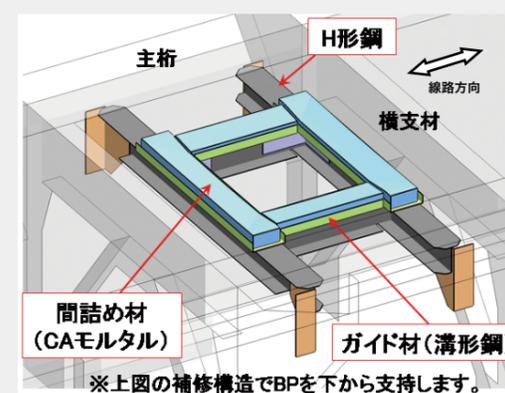


図2：簡易下支えの構造概略



写真4：簡易下支えの実橋施工状況

## 04 おわりに

当社では、本稿で示した簡易下支え等による補修を軸としたBP式鋼鉄道橋の維持管理方法<sup>4)</sup>について、技術資料として整理し、社内展開を図っています。そこには、BP式鋼鉄道橋をさらに100年供用するという明確な思想と、そのための具体的なノウハウが詰まっています。この確かな実行は、土木構造物ビジョンの掲げる「持続可能な土木構造物の実現」に資するものと考えています。

また、同技術資料では、載荷試験等により得られた知見に

### ○参考文献等

・特許：特願2018-008576「橋りょうの補強構造および方法」(2018. 1. 23)

- (1) 福本守ほか：鋼鉄道橋のバックルプレートにおけるき裂の原因と部位別の発生傾向、土木学会論文集A1、Vol. 74、No.2、pp.261-279、2018.8
- (2) 福本守ほか：き裂を有するバックルプレートの耐荷性状と簡易な補修方法の開発、構造工学論文集、Vol.65A、pp.492-505、2019.3
- (3) 福本守ほか：UFCによる鋼鉄道橋のバックルプレート上面補修について、土木学会第74回年次学術講演会、1-165、2019.9
- (4) 福本守：バックルプレート桁のき裂に対する新たな補修工法と健全度判定、日本鉄道施設協会誌、Vol.58、No.11、pp.51-54、2020.11

に基づき、簡易な補修でどの程度長寿命化が可能かについても定量的に触れています。これにより劣化の進み方をある程度予測でき、例えば、大規模な改築や橋りょうごと取替えるといった非常に高度で時間のかかる検討に十分な時間と労力を割くことができます。そして、このような劣化予測、つまりは「技術によるリスクの見える化」が「さらなる安全と安定輸送の追求」につながるものと考えています。

# 架線ハンガへの着雪現象の解明による輸送障害防止

金沢支社  
金沢新幹線電気区  
徳田 一平



金沢支社  
金沢新幹線電気区  
高桑 謙太



## 01 はじめに

2014年12月、開業前の北陸新幹線で試運転を行っていた車両のパンタグラフが損傷する事象が発生しました。原因として、トリ線からの高さの均一に保つために用いる架線ハンガに付着した雪が何らかの原因でトリ線

摺面下に到達し、その箇所をパンタグラフが走行したことで発生したものと推定されたため、ハンガへの着雪現象等のメカニズムについて、風洞実験により検証を行いました。

## 02 事象発生時の気象条件について

このパンタグラフ損傷が発生した日は、沿線で激しい吹雪となっており、電化柱等への着雪が顕著な状況でした。また、ハンガの吊り下げ部(ハンガバー)には「筒雪」の状態に着雪している状況が見られました(図1)。また一時的とはいえ日照があり、気温が0℃前後で推移していた状況が、近隣の気象観測点で観測されています。ハンガへの着雪だけでは、トリ線を揺動するパンタグラフを損傷させるとは考えられず、融解など何らかの形で

トリ線摺面下に雪氷が到達し、そこをパンタグラフが通過し損傷を受けたものと推定しました。



図1：筒雪の状況

## 03 ハンガ筒雪生成環境の把握

まずは、ハンガのバー部分に筒雪が生成する気象条件を把握するため、国立研究開発法人防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの新庄雪氷環境実験所にある風洞を使用させていただき、試験を実施しました。こちらの実験施設では、人工雪の作成ができ、気温や風速が変えられる風洞で様々な気象条件を再現することができます。複数年にわたり様々な気象条件を模擬して試験を繰り返すことで、おおむね

- ・降雪強度 8 cm h<sup>-1</sup>以上
- ・気温 0℃~2℃
- ・風速 8 m s<sup>-1</sup>以上

の気象条件において、1時間程度でハンガバーが筒雪で覆われることが判明しました(図2、図3)。

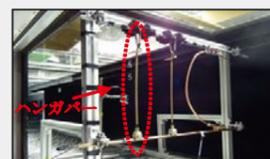


図2：風洞装置内の試験体

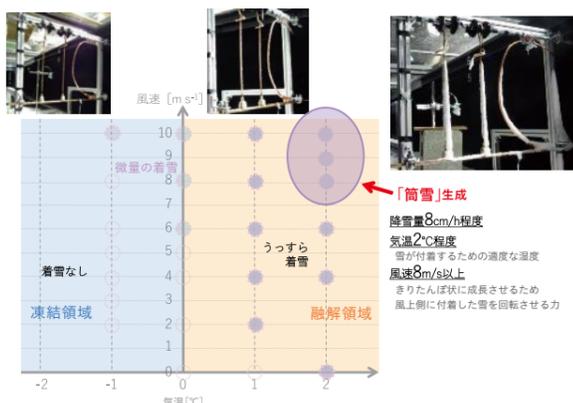


図3：再凍結現象モデルの検証結果

- 詳細に筒雪の生成状況を観察すると
- ①ハンガバーの風上側に雪が付着
  - ②付着した雪が吹き飛ばされることなく風により風下に回り込み
  - ③さらにハンガバーの風上側に雪が付着
  - ④風上側に付着した雪が風下側に回り込み
- という過程の繰返しで筒雪が生成されていくことが判明しました(図4)。

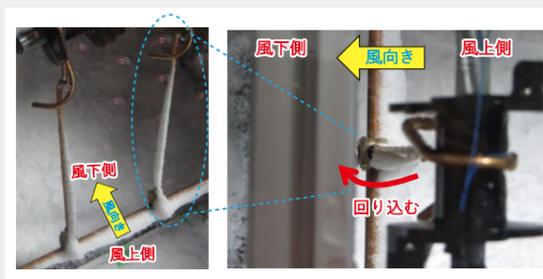


図4：筒雪の発生過程

筒雪が生成される条件である2℃前後の気温では、ハンガバーと付着した雪の界面では水分が多く存在し、風下へ回り込みやすい状態となっています(図5)。また、風上側から風下側へ付着した雪を回り込ませるために、ある程度の強さの風も必要となります。このことから、例えば気温が氷点下の状況ではハンガバーと雪の界面には水分が介在しないため、いくら雪が降っても雪の回り込みは発生せず、筒雪が形成されないということもわかりました。

## 04 トリ線摺面下へ雪氷が到達するメカニズムの解明

ハンガバーに筒雪が生成したのち、雪氷がトリ線摺面下に到達するメカニズムについて、前項と同じく新庄雪氷環境実験所にある風洞を使用して、環境条件を変えながら調査を行いました。

1時間程度かけて、ハンガバー周りに筒雪が生成された状況で降雪と風を止め、気温2~5℃で放置すると、筒雪は表面から融解が始まりどんどん小さくなり、2.5時間程度で消滅してしまいました。また、消滅に至る前に気温を氷点下にするると、筒雪が融解した水分がトリ線摺面で凍結しましたが、パンタグラフの走行に支障しない程度の、ごく小さな氷ができる状況でした。ただし、筒雪が生成される気象条件が継続すると、ハンガバーに付着した筒雪がどんどん大きくなり、2~3時間程度でトリ線摺面付近まで到達することが分かりました。

また、生成されたハンガバーの筒雪に、昼間の日射を模擬したハロゲンランプの光を照射したところ、筒雪の融解は、

表面よりも、ハンガバーとの界面から顕著に進行し、融解した水分と筒雪の雪氷が混合した状態でトリ線摺面付近に垂下することが分かりました(図5)。

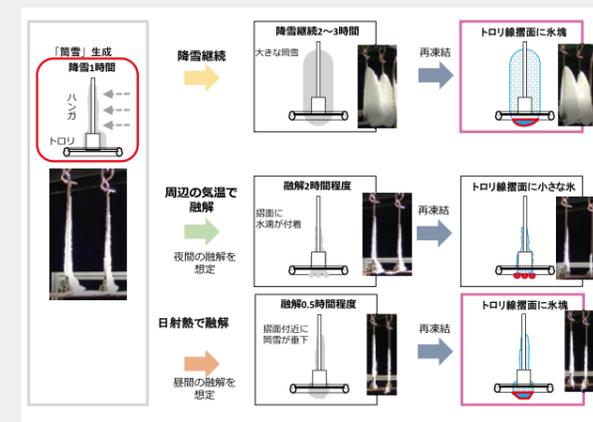


図5：雪氷の状態変化

## 05 実験結果の活用

北陸新幹線においては、列車運行のない夜間にハンガ筒雪が発生すると、始発列車のパンタグラフを損傷するおそれがあることから、架線に着雪氷が想定される場合、上越妙高・富山間、富山・金沢間に区分して、始発列車の前に低速の「雪払い列車」を走行させ、トリ線摺面付近の雪氷を除去しています。

「雪払い列車」を設定する条件として、開業直後は、夜間に一定量以上の積雪が見込まれる場合に「雪払い列車」を設定していましたが、現在は実験結果で得られた筒雪生成のメカニズムを踏まえ、気象予報会社からの降雪量、気温、風速の予測情報をもとにして「雪払い列車」の運行必要性を判断しています。

また、冬期においては実況の気象データをリアルタイムに確認し筒雪発生危険度を算出し、一定以上の点数と

なった場合、沿線カメラなどで現地の状況を確認し、万一「雪払い列車」の設定がない日に筒雪が生成されている場合には初列車徐行の手配をとることにしています。

実況気象データにより筒雪発生アラームが出た際に、沿線カメラで設備を確認したところ、実際の設備においても、年に数回着雪が確認されています(図6)。



図6：自然界での筒雪事例

## 06 おわりに

架線への着氷雪現象を把握できたことで、営業列車のパンタグラフ損傷をあらかじめ防止することができるようになりました。

さらに予報精度を高めていくこととあわせ、実験で得ら

れた知見をもとに、ハンガバーに筒雪が発生しない設備への改良などを検討し、冬期の北陸新幹線の輸送安定度向上に貢献していきたいと考えています。

# 防音壁の更新工事における音響性能の評価法

新幹線鉄道事業本部  
新幹線施設部  
環境対策室



新田 琢磨

## 01 はじめに

土木構造物の保守部門では、当社が将来にわたり安全で高品質な鉄道サービスを持続的に提供するために、既設防音壁の更新工事(以下、高欄改築)を実施しています。既存の防音壁を完全に撤去したのち、再構築するという点が特徴です。既存の防音壁は沿線騒音対策を目的とした改良工事(以下、防音壁改良)により複雑な構造になっている場合があります。保守性を考慮した場合、再構築する防音壁は極力

シンプルな構造にすることが望ましいですが、高欄改築の前後で構造が異なる場合、騒音低減機能が損なわれる可能性があります。

そこで、既存防音壁の音響性能について評価を行い、高欄改築後の沿線騒音が現状非悪化となる防音壁構造を予め検証する必要性がありました。

## 02 山陽新幹線の沿線騒音対策工事

防音壁は高架橋においては張り出し部分に設置されるため、この張り出し部が防音壁に作用する風荷重を支えますが、建設時には防音壁の大幅なかさ上げは考慮されていませんでした。このため、高架橋の防音壁の高さについては、風荷重に対して張り出し部の設計強度を検証した上で上限を設けています。一方、速達化の需要拡大や、技術レベルの向上に伴い、開業当初210km/hだった山陽新幹線の最高速度は、1997年に300km/hに到達するまで段階的に引き上げています。

つまり、防音壁の高さには制約がありますが列車速度を段階的に引き上げつつも新幹線通過に伴う騒音を低減させる為に効果的な防音壁構造を決定する必要性がありました。

この結果、現在の山陽新幹線には構造や高さの異なる様々な防音壁が混在しています。防音壁の改良工事は1986年から順次実施しており、それは現在も続いています。これまで実施した防音壁改良は大別すると以下の6種に分類されます。

- 1) 防音壁未設置区間への新設
- 2) 防音壁の内側に吸音板を設置
- 3) 防音壁のかさ上げ(遮音板、吸遮音板)
- 4) 直型防音壁の逆L型化
- 5) 防音壁先端への防音装置設置(干渉型、分岐型)
- 6) 1)から5)の組み合わせ

## 03 模型実験による検証

新幹線車両の通過に伴って生じる沿線騒音は防音壁の構造以外にも、高架橋高さ、軌道種別や、列車速度などに影響を受けます。そこで各種防音壁構造の音響性能を効率よく評価することを目的に高架橋、車両および防音壁の1/2.5縮尺模型を製作し、(公財)鉄道総合技術研究所が所有する無響室において音響模型実験を実施しました。実験は、直型防音壁や逆L型防音壁に吸音板を設置した場合や、これらの条件に追加のかさ上げを行った場合など、現状の防音壁構造に近い条件で模型を製作し、これに対し車両の上部および下部から発生する騒音を模擬する線音源を用いることで実施しました。

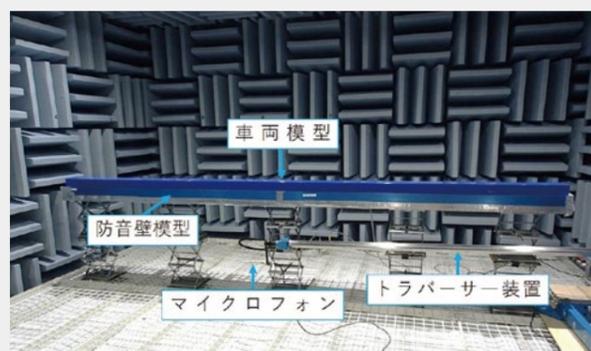


写真1：模型実験の様子

## 04 実験結果の概要

実験により測定した各音源からの音を実車相当に換算し、防音壁種別、高架橋高さ、車両位置および速度によって変動する騒音値を一覧表に整理しておき、実際の高欄改築現場に対応して沿線騒音を予測する手法を作成しました。

この手法の適用性を検証するため、模型実験結果の一例を紹介し、検証モデルの地面から高架橋までの高さは新幹線高架橋の平均的な高さである9メートル、列車の通過速度は300km/hの区間とした場合の直型防音壁の

騒音低減効果を検証しました。受音点の位置を近接線軌道中心から2.5m離れ、地上高さ1.2m地点とした場合の検証結果を(図1)に示します。

吸音材のない防音壁でも軌道面からの防音壁の高さに比例して騒音低減効果が上昇していることがわかります。防音壁の内側全面に吸音板を設置した場合、吸音板のない防音壁よりもさらに騒音低減効果が高くなります。

現実の防音壁ではR.L+2.0m程度までは既存の防音壁に吸音板を設置し、それより高い位置には遮音板によってかさ上げを実施する場合があります。この場合を模したモデルの騒音低減効果については全面遮音板と全面吸遮音板のほぼ中間の効果でした。

以上の結果はこれまでの防音壁改良前後の実測結果と比較した場合、両者の定性的な傾向が一致しました。

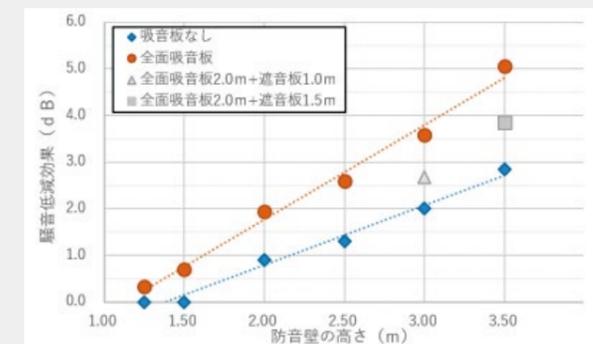


図1：検証結果

## 05 現地試験との比較

次に、実際の高欄改築にこの予測手法を適用した一例を示します。

当該区間の防音壁構造はR.L+1.2mの直型防音壁に高さ1.0mの吸遮音板が設置され、さらに防音壁先端に高さ0.2mの干渉型の防音壁が設置されていました(図2)。先述の通り、再構築する防音壁は保守性の観点からシンプルな構造にすることを考えました。ただしこの干渉型防音壁は、同じ高さの遮音板に比べて優位な性能を有していることが確認されています<sup>(1)</sup>。そこで、干渉型防音壁の効果を考慮して、施工後の防音壁構造を改築前より高いR.L+2.8mの直型防音壁(吸音板あり)としました(写真2)。当該地区の現地構造の詳細等を(表1)に示します。

当該の施工区間において、近接線軌道中心から2.5m離れ、地上高さ1.2mの位置にて施工の進捗に沿って上下線の騒音測定を実施しました。測定点に対して車両の位置が近接側である場合に騒音値の上位3本をパワー平均し施工後の実測値と模型実験結果による予測値を比較した結果、予測値と実測値の誤差は1dB未満であり概ね一致しました。



図2：現地構造の写真および模式図



写真2：改築後の防音壁

表1：現地構造の詳細および評価

軌道構造	バラスト軌道
土木構造	高架橋
G.L-RL	11.7m
改築後の防音壁構造	直型(吸音板あり)
① 改築の進捗50%時の防音壁高さ	R.L+1.4m
② 改築完了(100%)時の防音壁高さ	R.L+2.8m
実測による近接車両の①→②の値	1.32dB
予測による近接車両の①→②の値	1.97dB
予測値と実測値の誤差	0.65dB

## 06 まとめ

高欄改築施工後の沿線騒音が現状非悪化となる防音壁構造を予め検討できるようにすることを目標に、各種防音壁構造の音響性能を効率よく評価するため、縮尺模型による音響実験を実施しました。実験による予測値と実測値を比較した結果、概ね一致しました。

今後予定されている防音壁の改良工事や高欄改築工事今回の予測手法を導入することで沿線騒音対策と土木構造物の保守の両方を一度の施工で満足させることも可能になります。

○参考文献

(1) 飯田一嘉、水野恵一郎、近藤和夫、野本貞夫、「干渉型防音装置」、音響技術、No.46(1984)、pp.75-80

# カメラ技術を活用した 駅業務サポートシステムの開発

米子機械区

足立 裕貴



## <成果概要>

**現状の問題点:** 駅係員の人員・配置は限られており、お客様への状況把握・お声がけも限りがありました。そこで、アーバンで採用されている「遠隔セキュリティカメラ」のシステムの導入を検討したが、大駅への導入を目的にしたものであり、米子支社等の小駅導入は難しいものとされていました。

**改善内容、効果(現状と改善策の比較):** システムを導入するにあたり必要最低限の機能を見極め、新規開発ではなく汎用品の設定値の調整・試験を行い、低コストでお客様の滞留等の検知・発報できるようにしました。駅業務のサポートのため、画像処理技術を有するカメラシステムを導入し一定の効果を得ることができました。

- ・みどりの窓口、券売機前(お客様ご案内を目的とした滞留検知)【写真1・2】
- ・エスカレータ(転倒時の初動対応を目的とした方向検知、滞留検知)【写真3】

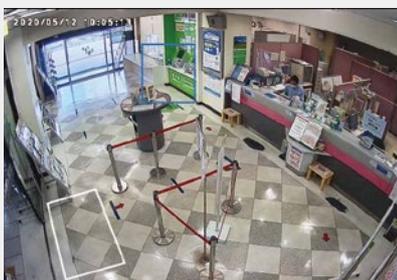


写真1：みどりの窓口

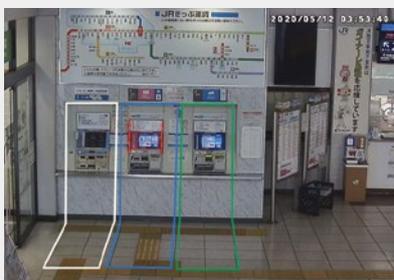


写真2：券売機前

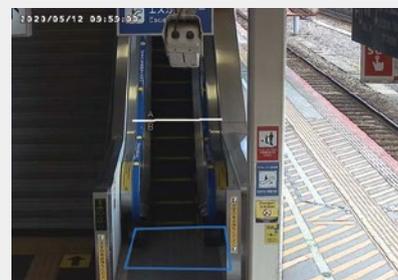


写真3：エスカレータ前

## 01 開発のきっかけ

駅体制が見直しされる中でもサービス向上、リスク低減のため、駅係員によるお客様のご案内はより重要なものとなります。しかし、駅係員ですべてのお客様の状態(状況)を把握することは困難であることが分かりました。少ない人員でもお客様のご案内により力をいれていきたいと意見交換会でお聞きする機会があり機械部門としても駅業務をサポートする設備を提供したいと考えました。

## 02 苦労した点

アーバンで導入されている「遠隔セキュリティカメラ」を米子支社で導入した場合、費用対効果の面で適当でないことが分かりました。そこで米子支社の環境に合った小規模なカメラシステムを導入することを目指しました。具体的な取り組みとして、システムを導入するにあたり最低限必要である機能を持っている機器を選定すること、駅全体でなく特定の位置のみにカメラ設置を絞り込むなどすることで、カメラシステム全体のコストダウンを図ることができました。

## 03 工夫した点

お客様の券売機取扱時間はばらつきがあるため、滞留検知の時間設定を工夫しました。短い時間を設定した場合、不要な発報が多発し駅係員にご迷惑をおかけし、長い時間を設定した場合お困りのお客様を見つけるのが困難にある状況がありました。妥当な検知時間を設定するため、券売機での切符購入の平均時間をカメラ映像や販売データなどから分析し算出を行いました。結果として、券売機前などに何かしらの理由で滞留しているお客様を特定することができました。

## 04 完成しての感想

米子駅にカメラシステムを導入しましたが、運用方法が確立していないため実運用はできていません。また改善の余地も多くありますが、将来駅の安全性とCS向上のサポートとなるシステムとなるように今後も目指していきたいです。

## 05 今後の展開

今後は米子駅南北一体化工事に伴い試験運用を行う予定です。運用方法やデータ調整を行った後に本運用を行います。また他駅においても営業部門等と協力し水平展開を目指していきたいと思えます。

# 発泡スチロールを主材料 とした電柱基礎の開発

大阪電気工事事務所  
工事課

三村 章悟

※現 株式会社てつでん出向



大阪電気工事事務所  
工事課

小池 智大

※現 和歌山電気区



## <成果概要>

**現状の問題点:** 鉄道における電車線を支持するための電柱基礎にはコンクリート基礎が用いられており、コンクリートを手練りする施工の場合、材料運搬・手練り作業が非効率となっており、夜間にプラント工場を稼働してミキサー車で生コンを運搬する場合は、効率が良くても高コストになるという問題がありました。

**改善内容、効果(現状と改善策の比較):** 現状の問題を解決するために、施工効率の向上とコストダウンを目的として、軽量の発泡スチロール(Expanded Polystyrene(以下EPS))を主材料とした電柱基礎の試験体を作成しました。EPSは非常に軽量の材質のため、作業性が向上することによる施工効率の向上が期待できます。また、夜間のプラント稼働が不要になることによるコストダウンも期待できます。

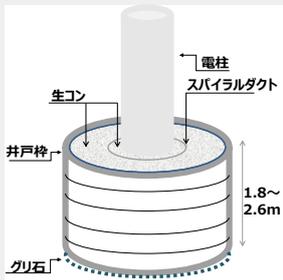


図1：コンクリート基礎概要図

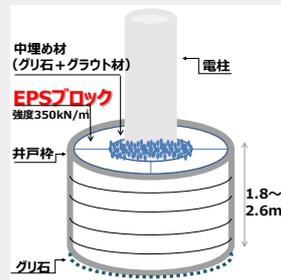


図2：EPS基礎概要図

表1：荷重試験結果

	水平変位量	基礎傾斜角
	トオリ線高さ	井戸枠
荷重条件	運転時 最大荷重	運転時 最大荷重
目標値	50 (mm)	7/1000 (rad)
測定値	20 (mm)	3.5/1000 (rad)

## 01 開発のきっかけ

現状の基礎施工は線路近接箇所での作業となることが多く、安全性の面からも夜間作業が基本となります。夜間にコンクリートを使用する際、材料が重く運搬や現場手練り作業が非効率となることや、プラント工場を稼働させることにより高コストになるという問題がありました。

そのため材料準備の効率とコストに着目し、VE手法を用いて代替案を検討しました。その結果、電柱基礎の許容抵抗モーメントは外形に依存し、重量は影響しないことから、できる限り体積あたりの重さが軽いものを主材料とすれば、問題点を解決できるのではないかと考え検討を進めました。

## 02 苦労した点

代替案としては基礎の主材料にEPSブロックを採用したEPS基礎を検討しました。強度計算の結果、基礎として適用可能な見通しでしたが、実際の作業性に問題はないか、発生モーメントに耐える機能を有しているかという懸念がありました。これらを検証するために現地において試験体を作成し、作業性の確認を行い、諸試験を通して機能性の確認を行いました。作業性は現地でのEPS基礎施工にかかる時間を測定し現行のコンクリート基礎との比較にて検証しました。機能性は現地でEPS基礎に建植した電柱に荷重を加え、運転時最大荷重時、トオリ線高さにお

ける水平変位量が50mm以下、基礎の傾斜角が7/1000rad以下という目標値を満たしているか検証しました。その結果、いずれも問題ないことを確認しました。

## 03 工夫した点

実地での作業を想定すると、EPSブロックは非常に軽量の材料なため、水などに浮いてしまいます。そのため隙間を埋める中埋材を打設した際や、湧水があった際に浮力が発生し基礎として機能しないことが想定されました。そこで、建植する電柱に止金具を取り付けて上から押さえ、EPSブロックが浮き上がらない対策を行いました。

## 04 完成しての感想

電柱の老朽取替や改良工事など今後の工事量増加と、労働人口の減少が我々の課題です。これを見据えた生産性向上に寄与する開発となればという思いから取り組みを進めてきました。

## 05 今後の展開

今後は主材料であるEPSブロック特有の劣化について課題の検証を行い、より実用可能な改良案の検討を進めていきます。

# 【株式会社 JR西日本テクノス】 鉄道車両用 空気清浄機の開発

株式会社 JR西日本テクノス  
車両事業部



高木 伸彰

株式会社 JR西日本テクノス  
車両事業部



川口 裕介

## <成果概要>

当社では、光触媒と紫外線ランプを併用した施設向け空気清浄機の効果に着目し、鉄道車両用にカスタマイズしたうえで、2016年度から323系に搭載しています。この度、新型コロナウイルスの感染拡大を受けて、本製品を長距離列車および全ての特急列車に展開することになり、紫外線によるお客様への影響がないように十分配慮したうえで、取付位置や搭載数などを各車種に合わせて専用設計しました。

## 01 目的

新型コロナウイルスの感染拡大を受けて、短期間で多様な車種へ空気清浄機を搭載する必要がある状況で、車両構造と製品特性を十分考慮し、抗ウイルス効果を最大限に発揮するための設計・施工に取り組みました。

## 02 開発の概要

当社の空気清浄機は紫外線を当てることで筒状のTiO<sub>2</sub>（酸化チタン）が光触媒として作用し、OHラジカル（強い酸化力を持つ物質）を生成してウイルス等の感染力をなくす効果と紫外線を直接ウイルス等に照射して破壊する相乗効果が得られる製品です（図1）。

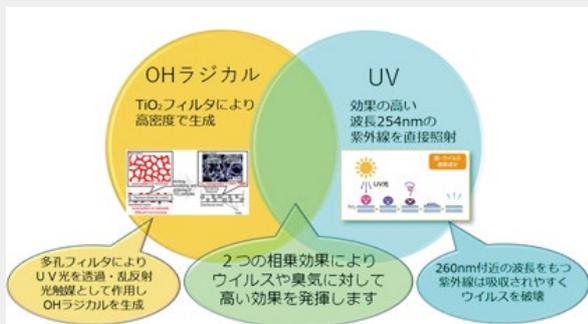


図1：空気清浄効果の概念図

鉄道車両内での有効性を実証するため、323系の車内に臭気物質（アセトアルデヒドガス）を放出して、臭気物質の濃度の低下傾向を比較し、空気清浄機をONにした

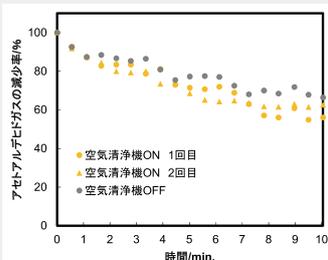


図2：臭気物質の濃度低下傾向

方が、濃度低下が大きいことを確認しました（図2）。これは、安全に配慮したうえで空気清浄効果を確認するための模擬試験であり、機器単体では実際の菌やウイルス等を用いて、風洞装置や密閉容器内における有効性が確認されています。

## 03 各車種への展開

本製品は客室内の循環空気が集まる空調装置の吸込み口付近あるいは空調ダクト内に設置することで高い効果が得られるため、空気が効率良く流れるように空気清浄機の取り付け位置を選定する必要があります。その一方で、一定時間以上浴びると人体に悪影響がある紫外線を使用しているため、お客様に有害な紫外線が当たらないように、各車両の構造に合わせて取り付け位置や遮光板の形状を3次元CADでモデルを作成して設計を行っています（図3）。

また短期間で施工できるように部品のユニット化や定期的な保守作業にも考慮しています。施工後は専用の計測器によって漏光を定量的に測定し、安全性を確認しています。なお、この空気清浄機は、瑞風、銀河を始め全ての特急車に順次取付けていきます。

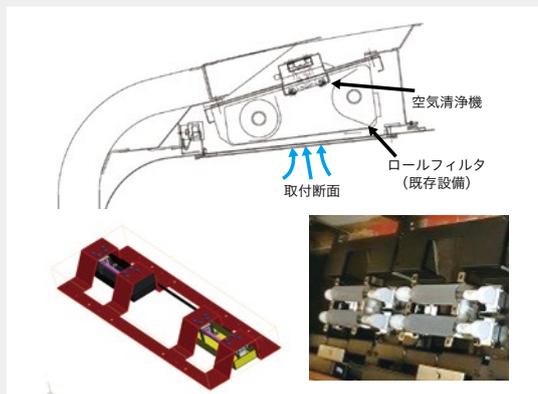


図3：取付状態・3Dモデル検証

## 04 おわりに

今後は、ランニングコストの低減や搭載実績をフィードバックするなどして、コストパフォーマンスを改善し、JR西日本をはじめとする、各鉄道事業者様がより導入しやすい製品づくりを進めてまいります。

最後に、本製品の開発・設計にあたりご協力頂いた関係各位に、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

○特許：No.5474612、No.5467283

「光触媒担持チタンメッシュフィルタ」は、サンスター技研株式会社の特許技術です。



## <成果概要>

電車線路支持物のメンテナンスフリー化を目的に、アルミニウム合金製(以下アルミと略す)支持物の開発を進めています。今回は開発したアルミビームが既に現場で稼働していることに加え、支持物全体としての実用化の目処が立ったことから、開発の目的や開発内容について紹介します。

## 01 目的

電車線路支持物に用いる主要な材料として亜鉛めっき鋼を使用していますが、経年によりめっきが減少し鋼材の素地が露出すると腐食が発生します。このためめっき寿命20年の後は、概ね8年毎に定期的な塗装を行っています。塗装作業は触車・感電・墜落の3大労災のリスクが非常に高く、作業員の安全を十分に確保しながらの作業となり、また設備数量も膨大であることも相まって相当な時間と手間を要します。そこで、メンテナンスの省力化を目的として塗装作業が不要なアルミ材料を用いた架線支持物を開発しました。

## 02 概要

### (1)アルミ材料の特長と課題

素材となるアルミ材料の優れた特長として、不動態被膜で保護されるので「腐食対策が不要」、「複雑な形状の成形可能」、「軽量」が挙げられる一方で、「単位体積あたりの材料費が高価」、「曲げ加工や溶接が困難」、「鋼材等との接触部分は異種金属接触腐食が発生する」という課題があります。

### (2)開発内容

各製品共通ですが、断面形状を工夫することにより、使用材料費を減らしながらも大きな断面係数を確保して所定の強度を得ることができました。

#### ①アルミビーム

当初は重量を抑えつつ強度を確保すべく、ビーム高さを1500mmで開発しましたが、ビーム架設時の施工性や柱の上部空間確保を考慮して、高さ800mmのビームも開発しました。(図1 稼働する1500mmビーム)

#### ②アルミ電柱

地上区間では特段の理由がなければコンクリート柱を、高架区間では耐震設計上の理由で鉄柱を使用します。しかし、後述の異種金属接触腐食問題と寿命協調の観点から、アルミビームは鉄柱との組み合わせができないため、鉄柱の代替としてΦ350mmのコンクリート柱と同等の外形のアルミ電柱を開発しました。

#### ③その他アルミ金物

ビーム、電柱には、「下束」「やぐら」「腕金」などの付属品に加え、電柱バンドなどの材料を用いて架線を支持します。この際に支持物と一体となって30年を超えて用いられるものと、それ以下で取替となる設備を区分し、前者については支持物と同様にアルミ製品を開発しました。(一部は設計中のものを含む)

### (4)異種金属接触腐食対策

アルミ製品における部材相互の接続に使用するボルトや、鋼材(例えばがいしや引留装置等)をアルミ製品に取り付ける場合は、異種金属接触腐食の対策が必要になります。対策として交換を前提としたアルミ材や、ジOMET処理(フレーク状に亜鉛コート)したステンレス材をアルミ材と鋼材の境界部に介在させる等の対策を行っています。



図1：アルミビームとアルミ下束

## 03 結果

アルミニウム合金製架線支持物の採用により、従来の亜鉛めっき鋼使用時と比較して、めっき消失後の塗装作業が不要となることから、トータルコストの削減が期待できます。加えて、重量が軽減されることから地上荷役の軽減やクレーンの小型化も期待できます。

## 04 おわりに

今回の開発で終わりではなく、ユーザーの声に真摯に向き合い、施工性の向上など、より良いものとなるように開発を継続し、アルミニウム合金製架線支持物の普及を目指します。

○共同研究先  
日本軽金属グループ

# 車両の動揺を抑制する装置「空気ばね」について



読者のみなさんが知っているようで知らない技術根拠について紹介するコーナーです。今回は空気ばねについて少し触れてみます。

## 01 はじめに

車両における台車は安全に直結する非常に重要な機器であることをみなさんご存知の通りかと思えます。また、車両の走行によって発生する振動(主にレールからの振動)についてお客様が不快と感じないようにするために、様々な振動を伝えない機器がついております。例えばレールと直接接触する車軸の振動を台車枠に伝えにくくする軸ばね、車両の横揺れを抑制する左右動ダンパ等があります。今回はその中でも台車の振動を車体に伝えないように台車と車体の間に設置されている空気ばねについて紹介します。

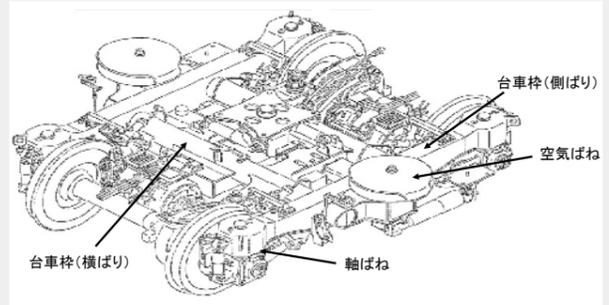


図1：台車全体構造

## 02 台車の変遷

近年のJR西日本ではボルスタレス台車(枕ばりを使用しない台車)が主流となっておりますが、国鉄初期にはボルスタ付台車(枕ばりを使用する台車)が主流でした。

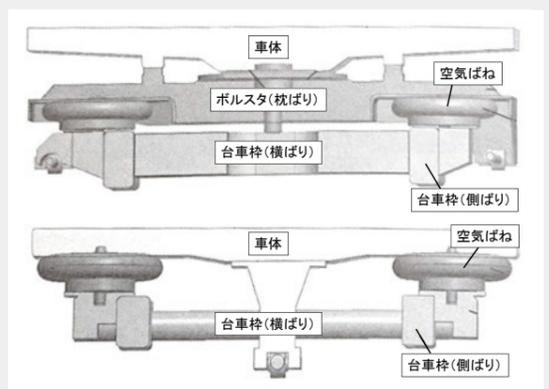


図2：ボルスタ付台車(上)とボルスタレス台車(下)

かつては、枕ばりと車体の間にはコイルバネが採用されていましたが、1958年に東京・大阪間で営業を開始した151系「ビジネス特急こだま」において国鉄で初めて3段ペローズ形空気ばねが採用されました。以降国鉄においては空気ばね採用の機運が高まり、1968年からは上下方向だけでなく左右方向の復元力も期待されるダイヤフラム形が採用されています。

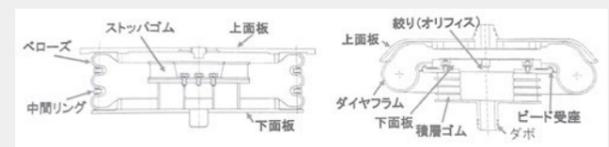


図3：3段ペローズ形(左)とダイヤフラム形(右)空気ばね

## 03 空気ばねの機械的性能

現在主流のダイヤフラム形空気ばねの機械的性能のうち次の2つの点について詳細に説明します。

- ①ばね定数(ばねの固さ)をやわらかくしても荷重にかかわらず車体高さを一定にできること
- ②上下減衰力も有する構造にできるため上下動ダンパを省略できること

①は車体高さ調整装置(LV装置)を併用して構成されます。通常のコイルばねであれば、荷重に対してたわみが発生するため、お客様の乗車率によって床面の高さが変動します。しかし、空気ばねにおいては駅のホームと床面の高さを合わせるためにLV装置が設けられており、お客様数による車体の床面位置が基準値(基本的にはホーム高さ)から変化した場合に、空気ばね内に流入する空気量を調節することで床面高さが自動的に基準値になるようにします。

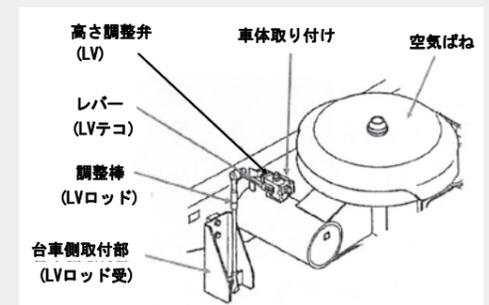


図4：高さ調整弁装置

②は(図5)のように空気ばね内部に絞りを設けることで可能となります。空気ばねに上下変位が発生すると空気ばね本体と補助空気室の間で空気の流れが発生しますが、この際図5：空気ばね模式図に絞り(オリフィス)を通過させることで一定の減衰性能を与えることができます。絞り径は一般的には固定されていますが、振動特性を改善するために絞り径を変化させることで空気流量を制御する「可変絞り」が使われる場合もあります。



図5：空気ばね模式図

## 04 空気ばねを用いた車両制御

これまで空気ばねの機械的性能について説明してきましたが、ここでは空気ばねを用いて行われている主な2つの車両制御について説明します。

- ①応荷重ブレーキ制御
- ②車体傾斜制御

①は車両重量に応じたブレーキ力を確保することです。車両が重くなれば必要なブレーキ力はその分大きくなりますので、AS圧(空気ばね内部の空気圧)を確認することで、車両が空車状態からどの程度重くなっているかを把握して、ブレーキ力を変化させています。

②は曲線通過時に車体を内側に傾斜させることで曲線通過速度を向上させることです。曲線を通る際には遠心力が発生するため、お客様の乗り心地が悪くなります。この乗り心地には一定の基準があるため、その基準を超えるような速度では曲線を通りさせることはできません。

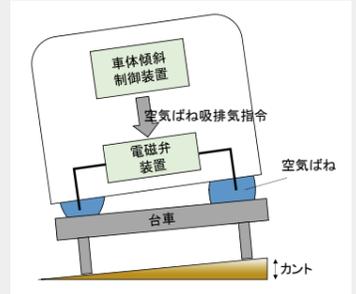


図6：車体傾斜制御時の車体床面の傾き

したがって乗り心地の悪化を改善するためには、車体の床面を曲線内側に傾けることで遠心力を感じにくくする必要があります。

レール側では曲線にカントを設けていますが、この制御方法では車両側でも空気ばねを用いて車体床面を傾けています。車両が曲線に差し掛かった際に曲線の外側の空気ばねが高くなるように空気を調整することで、曲線通過時に車体床面を傾けています。

## 05 空気ばねを用いた新たな取組み

JR西日本における空気ばねを用いた取組について2つ紹介します。

1つ目はAS圧を用いてお客様の乗車率を算出することです。昨今のコロナ影響下により3密を避けることが重要となっておりますが、混雑具合をお客様に提供することで、お客様自身が乗車率の高い列車を避けることができるようになります。

2つ目は新幹線で発生した重大インシデントの対策です。JR西日本では台車枠のき裂による新幹線初の重大インシデントを発生させてしまいましたが、今後は台車枠のき裂を早期に発見できるように、対角AS圧差を用いて台車枠のき裂を検知する仕組みをグループ会社とともに開発しています。

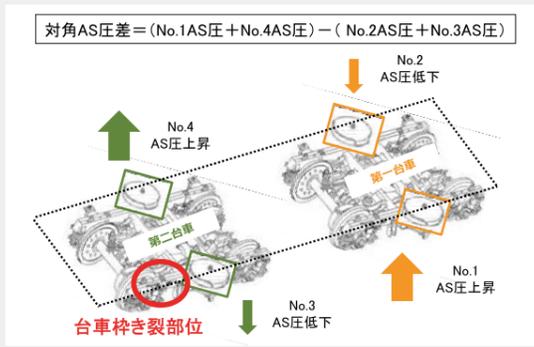


図7：対角AS圧差による台車枠き裂の発見方法

## 06 おわりに

車両の走行を支える台車の中における空気ばねについて説明しましたが、これは台車全体における機能の一部にすぎません。車両を安全に走行させるためには多くの技術的な知識と、それをもとにした日々の検査が重要です。今後も車両の安全性、鉄道の安全性を高めていくように努めていきます。

○参考文献  
・「鉄道車両 台車 -構造、昨日と基礎設計-」  
日本鉄道車両機械技術協会 監修 2017.10.31

# 建物の設備に関わる技術者のみなさんへ 「仕事の枠組みを見直し、新たな価値の創造を！」

京都駅ビル開発株式会社  
顧問

高浦 敬之



## 01 はじめに

先日、世界で最も有名な暖房冷凍空調学会 ASHRAE (米国) が、全世界のプロジェクトを対象に行う技術賞 (Technology Award) において、京都駅ビルの熱源改修が最優秀賞を受賞しました。地球環境問題への関心が高まりつつあるという意味で、喜ばしいことだと思います。

私はこのプロジェクトに携わり、いろいろな場で話をしてきました。JR西日本の方々にもお伝えしたい内容もありますので、先日行われた「建築設備士の日」に関連するインタビューをご紹介しますことで、私が京都駅ビル熱源改修プロジェクトで伝えたいと考えていることの一端を述べさせていただきます。

## 02 インタビュー内容の紹介

インタビューの内容をQ A方式で紹介させていただきます。

**Q: 欧米では設備性能を検証し、運用改善をするというコミッションングは定着しつつありますが、日本では今回のような取り組みは前例がありません。なぜ、取り組まれたのですか？**

**高浦:** いろいろな人から「なぜ、やったのですか？」と聞かれます。コミッションングありきでスタートしたわけではなく、正確には「辿り着いた」です。京都駅ビル竣工の1997年に京都議定書が締結。当時我々は建物を使うエネルギー量にそれほど関心はありませんでした。むしろ規制緩和や耐震偽装を受けて2000年に建築基準法が改正されるなど、京都駅ビルが竣工後3年で既存不適格になり、京都の玄関たるべき建物が、新たな役割を果たすための大規模改修ができないという事実衝撃を受けていました。社内では「駅ビルは終わった。モニュメントになった」とささやきあっていました。

私は二度とつくりたいであろうこの建物の現状を前にして、建物はどうなったら終わるのかということに興味を持ち、「社会と自分たちの間に生じたギャップを解消できない時」と結論付けました。京都駅ビルにとって次に来る「終わり」は何かを考えたとき、「二酸化炭素」だと思いました。1棟の建物としては京都市最大の排出者である京都駅ビルの抱える問題に、自分の手で何とか道筋をつけたいと思い、やるかやらぬかの選択ではなく、コミッションングしかないという思いで着手しました。その結果、改修対象の熱源設備で60%、ビル全体で30%の削減を実現できました。従来のやり方では達成できなかったと思います。

**Q: 脱炭素化やウェルネスなど、ビル自体の性能に対して非常に関心が高くなっています。設備技術者はこの方面のプロフェッショナルですが、その専門性が発揮されているとお考えですか？設備技術者の顔は発注者にどのように見えているのでしょうか。**

**高浦:** 建物を創る時も、できてからも、発注者は意匠設計者と建築計画について話します。設備技術者は同席して、打合せを見守るという印象です。営業上の理由や建築計画が話題の中心ですから仕方ないのですが、少し寂しい現実です。

私は従来から設備は洋服で言うと「仮縫い」の状態竣工式を迎えていると考えます。建物が運用されてデータも取れ、設計段階では想定外の事態も起き、それを解決して本当の完成になる。完成のチャンスは第1回目の設備更新時に頑張るか否かですね。それまでは設備の残存簿価があり、とりあえず稼働しているものに対する改修は経営的に困難です。しかし、設備更新と言ってしまうと老朽取替と短絡してしまい、稼働中ということを免罪符として、現状設備の性能回復に甘んじることが大半ではないでしょうか。それではダメなのです。

**Q: 発注者に対して良い環境や機能を提供できているかという点については、日本はまだ甘いような気がします。もちろんそれには対価が必要ですが、建物や設備は管理しなければ最大限の性能を発揮できないということを設備技術者の人たちは認識しているので、それをもっと積極的に発信してビジネスにしていきたいと思います。**

**高浦:** 運転監視員のレベル向上や遠隔監視などによるク

オリティの向上は従来から言われていて、今もできていない(そして今後もできそうもない)のはなぜか。発注者は設備管理のような継続的な業務で、毎回入札で受注者が代わるようなことは避けたいために、できれば公的な基準で値段を決め、特命随契にしたいのです。しかし参考とする公的な基準にレベルアップや質の高いサービスという視点がありません。建物にある設備内容で監視要員の技術レベルと配置人数とお金が決まります。その基準よりも高いレベルの要員を配置しても、遠隔監視等の設備投資をしても受注側にはリターンがありません。請負工事のような契約なら、受けた側に工夫の余地もありますが、業務委託では決められたことをやるだけになりがちです。発注側も設備事故や不具合には敏感でクレームを出しますが、おっしゃるようなサービスを求めているかどうか、特にそれに対して対価が発生するかどうか、これが双方の現実ではないでしょうか。今回のプロジェクトは建物が既存不適格状態で実施したので、建築計画の変更が無い(意匠、構造の技術者がいない)、老朽取替時期でもない、設備技術者がリーダーになって、残存簿価も含めてビルの経営という枠の中におけるお金の責任に目配りしながら進めたことで、CO<sub>2</sub>の削減量だけでなく、「良質な投資」として経営陣にも関心を持たれることになりました。設備技術者がビジネス感覚で取り組んだケースです。



平成30年度省エネ大賞「経済産業大臣賞」  
(省エネ事例部門 支援・サービス分野)

**Q: 設備技術者の人数は減少しており、団塊の世代が完全に引退しても、何とか踏ん張っている状況です。その後の35~45歳あたりの年代は極めて少ないし、その後も不足を補うような採用はしていません。これは、建設会社や設計事務所をはじめ、どの業種も同じような状況です。少ない人員で、能動的に仕事を取ってくる意気込みが重要になります。どのようなビジネス設計をするか設備技術者自身が考える必要があります。**

**高浦:** コロナで世の中は変わると思います。遠隔監視やAIの導入はコロナのせいで進むと思います。私はこの費用は「災害対策費」であると思っています、これで今後の仕事の進め方のインフラを構築してしまい、そこで集まったデータをどう活用するかを考えれば良いと思います。このデータで発注者が求めるどんなことができるのかを、発注者と一緒に考えるところからプロジェクトがスタートする、そんな構図ができれば面白いと思います。それは新しい価値の創造や今の設備管理のレベル向上などにもつながるものだと思います。建物の使われ方をデータで持っているのは設備技術者だけです。例えばそのデータを用いて発注者が進める働き方改革へフィードバックするなど、集めたデータを「しゃぶり尽くす」くらいの起業精神を発揮していただきたいですね。



2021 ASHRAE Technology Award First Place

# 遠心模型実験による 掘削土留め工の変形・土圧評価

基礎・土構造

中島 卓哉



※現 大阪工事事務所ならわ筋線担当課  
出向期間：2017年6月～2020年5月

## <成果概要>

2017年6月から3年間、構造物技術研究部の基礎・土構造研究室に出向し、地下構造物をはじめ基礎・土構造物に関する幅広い研究開発に取り組みました。ここでは、遠心模型実験という実験手法を元に、掘削土留め工の変形・土圧を評価した研究内容を紹介します。

## 01 研究内容の概要

### (1) 目的

緩い砂質土地盤や軟弱な粘性土地盤において、既設構造物近傍で大規模な掘削を行う場合、土留め壁の変形や周辺地盤への影響を最小限に抑えることが重要となります。近年、その変位抑止対策のひとつとして土留め壁(掘削側)の直角方向に控え壁形式に改良体を構築する方法が行われています。しかし、実施工において壁体や改良体に発生する土圧を計測することは困難であり、作用も含めた土留め壁の変形メカニズムは明らかになっていません。そこで、上記対策を講じた場合の土留め壁や改良体に作用する土圧とそれに伴う変位量の関係性を明らかにし、実務設計の簡略化に貢献することを目的として、研究に取り組みました。

### (2) 概要

遠心模型実験装置(図1)を用いて、掘削土留め工の遠心模型実験を実施しました。この装置は、中心に回転軸を持つ片腕2.3m

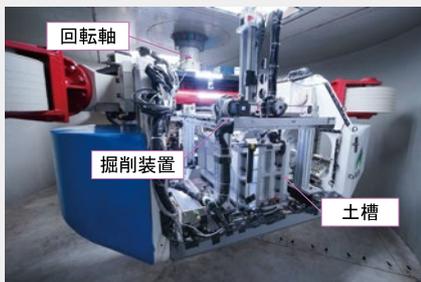


図1：遠心模型実験装置

程度の弥次郎兵衛のような構造となっており、この片方に1/nに縮小した地盤模型を設置し、これを高速で回転させることで重力場のn倍の遠心力を模型下向き方向に与え、現実の地盤内の応力状態を再現できるものです。例えば、1/50で作製した地盤模型であれば、1秒間に2.3回程度回転させ、50倍の遠心力を与えます。さらに、この高速回転する模型の中でも遠隔操作が可能な掘削装置を用いて、上部から

1cmずつ(全18次掘削)地盤を削ることで掘削過程を再現しました(図2)。



図2：遠心模型実験装置

### (3) 結果

土留め壁および改良体の土圧と変形量(図3)を分析した結果、掘削の進行に伴う土留め壁変位の受働側の抵抗として、掘削領域直下の地盤抵抗がより重要になること、また、土留め壁の変位量が比較的小さい

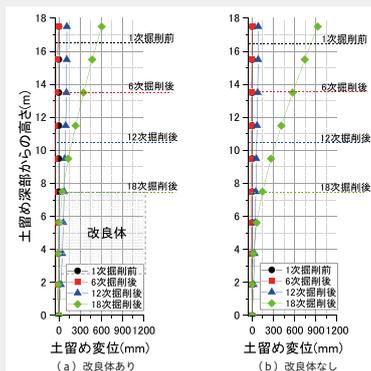


図3：土留め壁の変形

掘削段階の初期では、地盤と改良体が一体となって抵抗するが、土留め壁の変位量が大きくなる掘削段階後半では改良体の抵抗力がより大きく発揮されることが確認されました。

### (4) おわりに

今後は、弾塑性法や有限要素解析により実験挙動の再現解析を実施するとともに、改良体の配置や形状を変更した場合の対策効果の検証を行い、変位抑止対策を講じた掘削土留め工の設計手法を手引きとして取り纏め、実用化する予定としています。

## 02 研究室の紹介

本研究室では、室長以下16名(出向者7名)の体制で、杭、橋台、擁壁、盛土などの基礎・土構造物に係る研究を行いました。また、自然災害が発生した際には、現地に赴き構造物に対する復旧方法の策定などの技術支援を行いました。研究はチームに分かれて実施していますが、日々活発な議論を行いつつ互いに協調性を意識しながら課題解決に取り組んでいます。

## 03 外から見たJR西日本

鉄道総研ではJRだけでなく様々な鉄道事業者と交流を持つ機会がありますが、JR西日本は他社と比較して紳士的な会社である印象を受けました。今後も鉄道総研とも技術交流(必要に応じて役割分担)しながら、さらに積極的な技術開発を進めていければと思います。

## 2019年度 特許等登録状況

種別	登録日	発明等の名称	出願日	(上段)共有会社
	登録番号		出願番号	(下段)当社発明者
概要				
特許	2019.12.20	接地システム	2016.9.30	(公財)鉄道総合技術研究所 昭和電線ケーブルシステム㈱
	6632954		2016-193764	(電)川原 敬治 田中 弘毅
<p>この発明は変電所等の電力設備を接地する接地システムに関するもので、従来の接地システムは、地絡故障時に流れる低周波の特性を基準に設計・施工されており、接地線として単線又は撚り線等からなる裸線、あるいは当該裸線からなるケーブル導体にビニル絶縁を施したIV線が用いられている。この場合、表皮効果等の影響により高周波数帯の電流が流れる際のインピーダンスが上昇する。そのため、100KHz～1MHzの高周波成分を含む雷サージ電流が通電した場合に、接地システムの電位上昇が大となり、機器の損傷、誤動作の障害が発生するおそれがあり、近年では、電力設備制御や遠隔監視に情報通信技術が導入され、ICT機器による制御が行われており、雷撃に対して脆弱なICT機器を保護するため接地システムの耐雷性の向上が要求されていた。</p> <p>そこで、接地システムの接地線を高周波数帯でのインピーダンス上昇特性の小さいリッツ線で構成することで、優れた雷耐性を有する接地システムを発明したものである。</p>				
特許	2020.1.24	転動音予測方法	2016.11.30	(公財)鉄道総合技術研究所
	6651234		2016-232050	(施)清水 健太 (新幹線管理本部)高田 幸裕
<p>従来、鉄道沿線での騒音を効果的に低減することが社会的な要請となっている。そして、鉄道騒音の主要な音源の一つが車輪がレール上を転がる時に生じる転動音であることが知られており、その転動音を低減する方法や装置が提案されている。</p> <p>しかし、従来の技術では、転動音が時間の経過とともに変化すること、つまり経時変化することに対して注意が払われていないため、例えば、鉄道沿線のある地点においてある時点で測定した騒音が所定の基準を満たしていても、ある程度の期間が経過した後には、その基準を満たさなくなることがある。また、レール表面の状態悪化が一定以上進行するのを予防するために、周期を定めて保守を行っているが、進行性を正確に把握できていないために、保守周期とレール表面の状態変化の関係が必ずしも最適なものとなっていない可能性があった。</p> <p>そこで、本発明は、所定のレール区間におけるレール表面の凹凸の測定値の経時変化を分析した結果と、他のレール区間におけるレール表面の凹凸の測定値とに基づいて、他のレール区間における任意の時点でのレール表面の凹凸を予測することにより、任意のレール区間における転動音を正確に予測することを可能にしたものである。</p>				
特許	2020.1.27	すり板摩耗測定装置 および測定方法	2016.6.17	(公財)鉄道総合技術研究所
	6652452		2016-121224	(技開)宮口 浩一 古賀 進一郎
<p>本発明は、線路上のトロッコ線としゅう動するパンタグラフのすり板の摩耗度合を容易に確認することが可能なすり板摩耗測定装置および測定方法に関するものである。パンタグラフのすり板に段付き溝が形成された場合は、すり板Sの交換時期の判定が特に難しく、容易にすり板交換時期の判定ができる方法がなく、新たな技術の提供が求められていた。</p> <p>そこで、すり板に段付き溝が形成された場合において、センサ及び演算手段等の複雑な機構を使用せず、簡易な構成により、容易に当該すり板の交換時期の判定ができるすり板摩耗測定装置および測定方法を発明したものである。</p>				
特許	2020.1.31	パンタグラフの枠組及びその 枠組を有するパンタグラフ	2015.11.20	(株)工進精工所
	6654021		2015-227245	(技開)八野 英美 土屋 良雄 井川 剛暢
<p>この発明は、鉄道車両に搭載されるシングルアーム型のパンタグラフの枠組及びその枠組を有するパンタグラフに関するものである。</p> <p>従来から台枠及び枠組の一部を風防で覆ったシングルアーム型のパンタグラフが知られている。このパンタグラフの風防には枠組を通す開口部がある。この開口部は、空力音の発生を防ぐために、上枠カバー及び下枠カバーで塞がれる。この上枠カバー及び下枠カバーは、パンタグラフの空力音を低減するものの、枠組に固定されるので枠組の等価質量を増加するという問題があった。</p> <p>そこで、本発明のパンタグラフでは、下枠及び釣合棒の先端側が水平より下を向き、従来のパンタグラフのように下枠及び釣合棒を上に向けて持ち上げる必要がない構造としたため、等価質量の低減が図れるほか、風防によって台枠、下枠及び釣合棒等を覆い、さらに上枠と風防の開口部との隙間を小さくすることで開口部が空力音の発生源となることを防ぐことを可能にするものである。</p>				
特許	2020.2.12	ブレーキ支持部材及び これを備えるブレーキ装置	2016.3.22	KYB(株)
	6660216		2016-057340	(技開)八野 英美 角井 真哉 宗重 倫典
<p>この発明は、特に軽量化が求められるFGT車両に用いるブレーキ本体を支持するブレーキ支持部材、及びこのブレーキ支持部材を備えるブレーキ装置に関するものである。</p> <p>FGT車両のように車輪間隔が可変な鉄道車両では、可変となる車輪間隔にブレーキ本体を追従させるために第1支持部と第2支持部との間の間隔を広げることが求められる。しかしながら、従来技術の支持枠では、第1支持部と第2支持部との間の間隔の拡大に伴って基部を長くする必要があり、その結果、支持枠の重量が増大する問題が生じる。</p> <p>そこで、第2支持部が第1支持部とは別体に形成され車体又は台車に取り付けられる構造とし、さらに、ブレーキ支持部材は車体又は台車に取り付けられ第1支持部と第2支持部とが設けられる部材を必要としない構造としたことで、車両の軽量化を実現を図った発明である。</p>				
特許	2020.3.19	架空電車線	2016.11.30	(公財)鉄道総合技術研究所
	6678563		2016-232272	(電)三津野 隆宏 川原 敬治 仲野 淳 宮崎 修造 福光 俊祐
<p>この発明は、簡易な構成によりパンタグラフのすり板との間に生じるアーク放電を防止できる架空電車線に関するものである。例えばトロッコ線とパンタグラフとの間にアークが発生した場合に、アークで生じた熱を放熱剛体に伝導させて効率的に放散し、トロッコ線の熱による軟化を低減するとともに、トロッコ線が軟化した際には、トロッコ線に加わる張力を放熱剛体に移行させることで、張力によるトロッコ線の引張破壊を回避することができるものである。</p> <p>具体的には、トロッコ線にクリープによる伸びが発生した場合、トロッコ線に加えられている張力がクランプを介して補助線に移行し、補助線に連結されているクランプに曲げモーメントを発生させることができる。その結果、曲げモーメントにより生じたクランプの回転により、トロッコ線に撓みを生じさせることができ、これによりパンタグラフとすり板との間の隙間を狭めるように変形させて、アーク発生を収拾させることが可能となるものである。</p>				

## 特許豆知識(基礎編)

特許という言葉は比較的良好に聞くとおぼえますが、当社では特許について直接関わる機会があまりないこともあり、具体的に知らない社員も少なくないとおぼえます。そこで、特許に関心をもって頂くために、特許の基礎知識を数回に分けて解説します。

### ■ そもそも特許を取得する目的は何か

特許とは、発明を開示することを条件に、その発明の権利者に独占実施権を付与するものです。言い換えると、特許は、無条件に特許発明を実施できるようにするための権利でなく、他者による特許発明の実施を排除するための権利です。

当社において特許を取得する主たる目的は、技術

開発を通じて実用化された車両や設備等に関し、他者から権利侵害としての攻撃を受けず、安心して使用できるようにすることであり、専ら競合会社に対して事業競争力を高め、製品等の販売により利益を得ることを目的とするメーカー等とは異なります。

### ■ 特許とは

特許法2条に「発明とは、自然法則を利用した技術的思想の創作のうち高度のもの」と定義されています。

自然法則とは、自然界において経験によって見出される法則を示し、発明には自然法則が利用されていることが必要です。技術とは問題を解決するための具体的な手段をいい、その背景の考え方を技術的思想といいます。技術的思想は具体的であり、有用である必要があります。

創作とは、発見ではなく、人の知的・精神的活動により新しいものを作り出すことです。高度とは日用品等の小発明を保護する実用新案との違いを明確にするための表現です。特許として認められるには、これら特許法2条に定められている要件に加え、(表1)の全てを満たす発明でなければなりません。

表1：特許要件

1	産業上の利用可能性	産業として利用できること
2	新規性	今までにないものであること
3	進歩性	容易に思いつくものでないこと
4	先願であること	同じ内容の出願が先に無いこと
5	公序良俗に反しない	法律で製造・販売・禁止されているものの発明でないこと

