

4. 研究討論会：DX 時代における鋼構造物の非破壊検査—現状，課題，展望—

4.1 討論会の概略

日時：2024 年 9 月 4 日

場所：東北大学 土木学会第 79 回年次学術講演会

鋼構造委員会 DX 時代における鋼構造物の非破壊検査 —現状，課題，展望

主題

DX による生産性の向上は世界的に重要な課題である。非破壊検査(NDE)の DX は NDE4.0 と呼ばれ、点検・検査データのデジタル化や共有、VR/AR 等デジタル情報技術の活用を通じ、非破壊検査をコストでなく製品に付加価値をもたらすものとするのが志向されている。非破壊検査分野のこのような世界的潮流を踏まえ、本討論会では、鋼構造物の非破壊検査に関する DX の現状や課題に関する話題提供をもとに、これからの展望を議論する。鋼構造物の非破壊検査の先進的な探傷装置や技術、デジタル化された点検・検査データの利活用について、維持管理現場のニーズを踏まえて議論し、維持管理における DX の機会と可能性について討論する。

4.2 開会のあいさつおよび趣旨説明

(白旗(座長)) それでは定刻になりましたので始めたいと思います。本日は討論会 DX 時代における鋼構造物の非破壊検査現状課題展望にお集まりくださいます、どうもありがとうございます。

これから討論会を開催したいと思います。私は座長を務めております東京都市内の白旗です。よろしくお願いいたします。

初めに、趣旨説明をさせていただきます。まず背景といたしまして、構造物の定期点検が始まっていることを皆様ご承知かと思います。経年劣化等を見落としなく検出しなければいけませんし、時間コストなどを考え、効率よく行う必要があります。見落とさないためには非破壊検査の役割が非常に重要になってくると考えられます。目視にしましても、非破壊検査につきましても、点検データが得られますが、どのようにデータを取るか、どのようにデータを使うか、あるいはオープン化するという含めて、どのようにデータを利活用するかというような問題に対して検討、改善の余地があります。

最近流行っているキーワードとしましては、デジタルトランスフォーメーションという言葉があります。DX と呼ばれるものです。こちらはデジタル技術を活用して、社会の仕組みを根本から変革するという定義を、インターネット上で見つけることができます。似たような言葉としまして、デジタルイゼーションという言葉がありますが、こちらはデジタル化されたデータを利用して、とある会社の中で、期間の中で業務を改善することが書かれております。デジタルイゼーションというのは、アナログ情報をデジタル化するといったことなどが書かれております。本検討会の趣旨は、非破壊検査の DX を行いましょう、ということになります。

これはまた言葉を変えますと見落としをなくしましょうということであったり、定期点検を効率化していきましようということになります。さらには、社会を変革しましょうというように、先ほどの DX の定義と重なるところがあります。非破壊検査分野におきましても DX は重要課題であり、世界的にも NDT4.0 という取り組みがなされており

ます。

ここでことばの定義ですが、NDE というのは Non Destructive Evaluation ということで非破壊評価と訳されまして、非破壊試験で得られた情報を元に、試験体の性能などを評価することという風に定義されております。同じく NDT という言葉もありますが、こちらは Non Destructive Test の略で、非破壊試験と訳されます。素材または製品を観察内部の状態を調べる試験ということになります。この後検討会では NDE とか NDT という言葉がいろいろ出てくるとは思いますが、厳密には違いますが、特に区別しないで使われることになるかと思えます。しかし、先ほどの定義をご理解の上、適切に判断していただければと思います。

そして副題に示しました。現状、課題展望ということでお話をパネリストの皆様にお話いただきます。キーワードとしましては DX を実現するための技術というものが挙げられます。高精度にきずを検出できるような技術も開発されてきていますが、手法の原理や使い方等には注意点があります。非破壊検査やそれを使う技術者に求められるものがあります。二つ目は、データプラットフォームの構築になります。構築するからには誰でも使ってもらえるようなものを作ることが大切になります。三つ目はデータの利活用ということになります。最近ではデータのオープン化が行われ、それを例えば他分野の方、たとえば AI の分野の方などに使ってもらって、思わぬ形で成果が得られるという事例も増えてきているように思います。そして一番大切な現場での取り組み事例として道路管理者の方がいらっしゃいますので、現場のお話等もいただきたいと考えております。

次に討論会のメンバーを紹介させていただきます。まず初めに私白旗です。よろしくお願いいたします。産官学からパネリストの方五名がいらっしゃいます。この討論会では敬称は統一して「さん」で呼ばさせていただきます。私も白旗さんで結構です。まず初めに中畑和之さん、愛媛大学大学院の教授です。中畑さんには主に NDE 4.0 の詳細コンセプトやデータオープン取り組み等に関してお話しいただきます。

二番目が八木尚人さんです。八木さんは三菱重工パワー検査の技術総括室長をなさっております。八木さんはプラントなど主にどちらかと言いますと、橋以外の検査等従事されております。そして海外の技術や規格に明るい方ですので、そちらの話をさせていただきます。

表-4.1 討論会メンバー

討論会のメンバー (敬称略)

座長	所属	備考
白旗弘実	東京都市大学	鋼構造物における先進的非破壊検査・評価技術に関する調査研究小委員会委員長
話題提供者	所属	メイントピック
中畑和之	愛媛大学	NDE4.0のコンセプト、データ利活用
八木尚人	三菱重工パワー検査	最新のNDT技術、海外・国内の規格
土橋浩	首都高速道路技術センター	高速道路事業者の取り組み、先進事例、現場のニーズ
長澤大次郎	インフラソリューションズ産学連携コンソーシアム	地方自治体の取り組み、現場のニーズ
増竜郎	国土交通省道路局	国の取り組み、定期点検要領、定期点検へのNDTの取り込み、データプラットフォーム構築

三人目が土橋浩さんです。土橋さんは首都高技術センターの副理事長です。また、デジタルイノベーション研究所長です。首都高始め高速道路の事業者の取り組みはもちろん、現場のニーズ、先進的な事例等を紹介いただきます。

四人目が長澤大二郎さんになります。長澤さんはインフラソリューションズ産学連携コンソーシアム代表理事ということで、地方自治体等の取り組みに関わってらっしゃっております。特に地方にフォーカスを合わせた現場のニーズ等についてお話をいただきます。

最後五人目の増達郎さんになります。増さんは国土国交省道路局 国道技術科企画専門官です。国の取り組み、国交省の取り組み、定期点検要領、定期提携のエンティティの取り組み、データのプラットフォームの構築など、クロスロードといったデータベースというものもありますが、これらのお話をさせていただくことになるかと思います。よろしくお願いいたします。

討論会の流れです。趣旨説明をさせていただきましたが、この後はパネリストの五人の方からお話をいただきます。時間は15分程度に抑えていただくようお願いしたいと思います。その後十分から最大20分くらいでパネリスト間で質疑応答していただくことになるかと思います。その後に、最後に参加されている皆様も含めまして、全体討論をしたいと思いますので、ぜひともあの活発なご意見等をよろしくお願いいたします。

参加の皆様をお願いを申し上げますが、質問はウェビナーの画面の下にあるかと思いますが、Q アンド A にお書きください。チャットではなくて、Q アンド A です。よろしくお願いいたします。

パネリストからの話題提供が始まって以降、いつでもあの結構です。必ずしもということではありませんが所属とお名前とかどのパネリストへの質問かを書いていただけるとありがたいです。いただいた全ての質問に対応したいと思います。けれども今日答えられなかったものは、後日、学会のウェブ等について回答いたしますので、ご了承ください。それでは愛媛大学の中畑さん、よろしくお願いいたします。

4.3 非破壊検査 DX のための NDE4.0—国内外の動向について—

(中畑)高い検査 DX のための NDE 4.0 というタイトルでお話をさせていただきます。先ほど NDE, NDT という言葉の説明がありましたが、今日のお話の中で 4.0 をプラスして NDE4.0 という、キーワードが出てまいります。これは非破壊検査の DX と非常に深く関わっているということで、まずこのお話をさせていただいて、この動き、国内外の動向、についてお話をさせていただきます。その後、これには私の意見を含んでいる部分ありますが、データの利活用に向けてお話をさせていただきます。

まず NDE4.0 についてです。これは、industry 4.0 の技術と NDE システムの技術的な融合から生まれた新しいシステムということで、ここに書いてありますように、ドイツのマインドロという方が提案された言葉になります。ちょうど私がフラウンホーファー研究所(fp)に留学していた頃の所長をされていた方で、デイトン、今大学で教授をされていますけども、この方が NDE4.0 の言葉を発表しました。その後アメリカの酒井さん、その学会誌等で特集が組まれたりというふうにかなり盛り上がってきています。

インダストリー4.0 というのは皆さんご存知のように、産業革命の一次、二次、三次、四次ということでドイツの方で生まれました。それがインダストリー4.0 という言葉となり、提唱され始めて、それが今回 NDE4.0 という言葉にくっついたということになります。

このインダストリー 4.0 というのは、これまでの大量生産というものの中からオンデマンドで顧客ニーズに応えようとするもので、業界全体をデジタルデータで結んでマイクロシステムとも言いますが、このエコシステムをうまく回していくことが一つのキーコンセプトになっています。その中でサイバーフィジカルシステムというものがあって、これは現実の世界とサイバーを継ぐというデジタルツインを用いて再現しようということになります。



図-4.1 NDE4.0 とは

目視検査など初歩的な技術から、現在は四次ということで、ここに書いてあるような技術、によって非破壊検査を高度化しようということになります。

先ほど申し上げた技術をここにピックアップしました。NDE4.0 のキーテクノロジーとしましては、ビッグデータ、人工知能、デジタルツイン、クラウド、IoT、5G、6G というものがあります。

これらはほとんど皆さん聞いたことがある言葉かと思います。これは先ほど申し上げたように、もともと NDE4.0 がインダストリー4.0 とリンクしながら、発展してきているからです。これらのテクノロジーも NDE4.0 でも使っていこうということにしようというのがコンセプトになっています。

これらを大まかに書いた図になりますが、まずは検査があって、そこで検査したものがデータとしてはサイバー空間の方にデータを転送します。この中で、波形処理分析などを行います。ここで、コンピューターを使ったり、たとえば AI を使ったりしてキスの評価をするのですが、評価したデータがここに示されるデジタルツインというものに蓄積されていきます。

例えば 2015 年の 8 月に取ったデータでここに示されるものだけだったとして、その後新しく検査したらここに傷ができましたということコンデigitalティーの中で蓄積していった、この情報をもとに、現場では、このようなきずが検出されましたので、ここをより重点的に見てください、ということフィードバックします。あるいはこの辺にきずが入ってきたように、そろそろ部品を交換してください、ということで、先ほど申し上げたエコシステムの中でサプライチェーンの中で部品を発注したりして、システムを回していこうというのがこのサイバーフィジカル非破壊検査になります。

私が行っている一つの技術として、例を示しますが、このように検査したものの、例えば現場の検査員の方が見るができるように穴をあけるときのなどにコンクリートだけを削れるように鉄筋がここに入ってますということを非破壊で検査したものを示しています。AR の方で表示してやったりとこれらの 5 つが NDE4.0 の一つの技術になってきます。

カルシステムというものがあって、これは現実の世界とサイバーを継ぐというデジタルツインを用いて再現しようということになります。

それに対して、NDE4.0 とインダストリー4.0 というのは言葉としても似ているところがありますが、それぞれ、時代はまったく違いますが、例えば一次産業革命の一次に対して、NDE で言いますと、人間の五感に頼

国内外の動向としましては、2017年に言葉として使用されたのですが、機運が高まってきたのが2021年ぐらいで、この頃コロナ禍でしたので、国際会議としましては、バーチャルなカンファレンスがありました。この時の会議の話題っていうのが主に ICT 技術だったり、先ほどの AI など先端的、技術的な内容が中心だったのですが、翌年の2022年、コロナが明けて対面の会議になったときには、120名の方が集まりました。この時話題になったことは、技術的な話題というよりも、このような技術をどのように展開していこうか、あるいは認証というものに、どのように組み込んでいく、あるいは後でトピックとなりますが、データの標準化をどのようにするのだろう、ということがあげられました。デジタルとして使うときにはフォーマットが統一されてないと使えないので、フォーマットの話など、デジタル技術そのものもあるのですが、そこから踏み込んで活用の仕方に関する具体的な発表っていうのも出てきました。

国内の動向を大まかにまとめたものがこちらです。2017年に言葉が提唱されました。その後2024年、現在7年経ちましたが、中で黄色く書いてあるのが、カンファレンスとなります。例えば、NDE4.0をキーコンセプトにしたセッションを示しています。

こちらは国際会議ですが、非破壊検査の国際会議にもそこまで多くはないのですが、これだけ特別セッションが立ち上がっているということで、最近ではかなり盛り上がってきているテーマであると思います。その他各国の委員会をここに示しますが、各国ではこれらの委員会で NDT4.0 が議論されています。

日本では少し遅れて、2020年に非破壊検査協会で NDE4.0 の対応グループが立ち上がっています。その後、カンファレンスとしては日本機械学会とかあとは土木学会と協力して、NDE4.0 のセッションワークショップが行われてきました。論文としましては、非破壊検査協会の方で技術的なものを発表したものを論文にまとめるということも始まっています。

このように NDE4.0 が、非破壊検査の中で盛り上がってきているのですがここからは私の意見も含めたスライドになりますが、データを有効活用していこうということが言われています。では非破壊検査でどういうふうにデータの標準化するかというところで、参考になるのは医療のシステムと思います。

皆さんご存知のように医療では例えばここに示しますように、超音波検査、MRI 検査を行います。これらを検査システムモダリティと言います。そのような中で、お医者さんは各検査で取ったデータを、自分のデスクでデータを見る必要があります。いろいろなメーカーで作られた検査機器で取得した画像であったり、検査手法もいくつかの種類のものがあります。お医者さんが、一つのデスクで見ることができるようになっているのは、標準的なフォーマットが整っているからともいえます。

例えば画像フォーマットで言いますと、ダイコム(DICOM)と呼ばれているものが使われていますし、通信のプロトコルとしましては、HL7(Health Level 7) というのを使っています。これをそのまま非破壊検査のほうに応用しようという動きがあります。そこで、なぜ医療を参考にしているかというと、非破壊で傷を見つけるといったことが、実は人間の検査で言うと臨床検査に相当しますので、システムが結構そのまま使えるのではないかと考えたからです。

先ほどダイコム(DICOM)と呼ばれたものを NDE 寄りにアレインジしてダイコンデ(DICONDE)と呼ばれるものが今議論されています。通信のシステムにおきましては OPCUA と言われる。これフリーのファイアーウェアみたいなものですが、そういったものを使って、データのやり取りを標準化しようといったことが欧米では進んでいます。

これによって検査員がいろいろなところで、取ってきたデータっていうものを一元的に管理して見ることができるということを考えています。基本的に非破壊検査との大きな違いは、今日視による定期点検が現

在二周回って今三週目に入っているわけですが、点検データと大きく違うところは、非破壊検査というのは、基本的にいろいろなモダリティがあるということです。

超音波があったり、電磁波があったり、X線があったり、磁気探傷があったり、いろいろデータが物理的な科学データがいろいろ形で保存されているということで、非常に今雑多な状態でデータがたくさん保存されているということになっています。

これらを、標準化することが大きな一つの問題になると思います。データの共有というものをどこまで考えるかということも大事です。例えば自分の仲間の会社内だけで見られたらいいのかとか、あるいは計測会社の中で見られたらいいのか、あるいは業者と自治体の間でデータが見られたらいいのか、あるいはそれ以上に、インフラのデータという観点で国交省までに拡張することも考えられます。

さらに例えばプラントであったり、航空であったり、車であったり社会系産業界として何か非破壊検査業界すべてにおいて、情報交換ができるようなデータの標準化をした方がいいのか、といったことを議論する必要があります。総合運用性と呼ばれています。

しかし、非破壊検査のデータが、今ほとんどオープンになっていません。もともと持ち主がプライベートなものを検査しているということもありますが、データというものを、やはり他に示すことによって、その価値を最大化していくということも重要になってきています。

今、オープンデータの話と絡めていますが、非破壊検査は、もともと我が国全体の安心安全という確保の意味においては、いい意味でよく使われなければいけません。しかし、なかなかそのデータ出てこないことにはネガティブなデータなので必然的に出てこない面、目的として出てこないということもあろうかと思います。そのような仕組みが今までなかったので、今回も国交省の方に参加いただいています。アセットの持ち主ってというのが、基本的に税金から作られているものだとすると、そのデータは国民みんなのものだと考えるとすると、オープンデータ非破壊検査のオープンデータ化することによって有効活用できたらいいかなと思います。これはどこの国もやられてないことですので、こういうことを先駆けて実施できたらいいのではないかということを、この討論会で少し問題提起できたらいいかなと思います。以上で終わります。

(白旗)どうもありがとうございました。NDE4.0という言葉が出てきました。初めて聞く方もいるかもしれませんが、すでに知っているというか、よくご存知の方もいらっしゃるかもしれません。それでは次の話題提供に行きたいと思います。八木さん、よろしくお願いいたします。

4.4 NDE4.0を支えるNDT技術の動向—デジタル信号処理技術の進化—

(八木)はい、よろしくお願いいたします。私からは、ハードウェア、検査装置に関する最新情報についてお話をさせていただきたいと思います。こちらは先ほど中畑先生が説明された、NDE4.0の概念図ですがこの中でもこのフィジカル空間でデータをいかに取り込んで、それをこのサイバー空間にどのように持ち込んでいくかというところのデータのデジタルライゼーション、デジタルライゼーションの部分の状況について説明をしたいと思います。

まず超音波ですが、これはよく現場で使われている一般的な手動探傷に関してです。非常に簡便で、広く使われている検査手法ではありますが、収集できるデータ、デジタルデータがどのぐらい収集できるのかということと言いますと、このセンサーを置いているところの波形がそれになります。波形データは横

軸が時間、伝播距離で縦軸が振幅という形になりますが、この一点のデータがデジタルで得られるだけということができます。あとは計測スケールとかで計測した位置データというようなものが出てくるのみということになりますので、これを NDE4.0 で活用するというのには、情報量が不十分であるといえます。

それに対して最近よく文献にも出てくるのがフェーズドアレイという方法があります。これは小さな振動子をアレイ状に並べて、その送受信のタイミングを制御することで探触子を動かさずに、断面の画像を得ることができるという方法です。例えば屈折角を電子的に操作することによって探触子を動かさずにこの面のデータを取る、もしくはもう少し大きなリニアセンサーを使って、あたかも探触子を前後に操作しているかのような動きを電子的にやるということができます。これすることによって、探触子を動かさなくても、断面の画像が得られる、ということで、その検査員にとって得られる情報量というのは、かなり飛躍的に増加させることができます。ただ、一方で、やはりセンサーは位置のデータを持っていないのでその探触子、センサーを置いた断面の画像だけ、ということになります。したがって、なかなかこれだけでも NDE4.0 で有効活用するにはまだまだ情報が足りないということになります。

ではどういう方法があるのかということになりますと、例えば、こういうエンコードドピアユーティという言い方になりますが、探触子をこういうスキャナーのようなものに取り付けて、探触子をスキャンして、その時にエンコーダーもしくはモーターの位置データから位置データを収集して、その位置、データに関連付けて波形のデータも保存します。それを後でデータを再構成して画像化して傷の位置や大きさを画像あの見るといようなやり方になります。デジタルデータとして対象データを保存できますので、現場でやってる作業をオフライン上で再現することができるということで、こういう NDE4.0 の活用に非常に有効な手法ということができるのではないかと思います。

例えば、これは、そのエンコードドピアユーティの事例の一つです。

鋼橋の鋼床版の U リブの溶接部のフェーズアレイのデータの一例です。

この装置の場合、探触子が二つついておりまして、この二つのアレイセンサーからの情報を同時に収集しながら、溶接線方向にこのスキャナーを動かしていった、エンコーダーでデータと一緒に保存をしていくところです。上側はデッキプレートの板厚方向に進展しているき裂を画像化している例で、こちらにその断面

画像があって、この溶接部のルートのところから板厚方向にき裂が進んでいくというところが見て取れます。こちら横軸が位置、データ溶接線方向の位置で縦軸が深さ方向ということになります。だいたいの深さと、それから長さというものが画像で見て取ることができます。同時にビードの方に進展しているき裂に対してデータを取っておりまして、こちらも同じようにルートから溶接ビードの中を通過して外面代わり抜けている傷のエコーがあって、それがこのような形で溶接線に沿って分布しているというのが見

エンコードド PAUT の例 (鋼橋鋼床版 U リブ溶接部 PAUT)

- ・複数の探触子を電動スキャナーで走査し、エンコーダで計測した溶接長手方向の位置に同期させて波形データを収集
- ・保存されたデータを再構成して画像化し、きずの位置や大きさを可視化
- ・次回点検時の波形比較や、新たな損傷が発見された場合の過去のデータの見直し (再評価) も可能

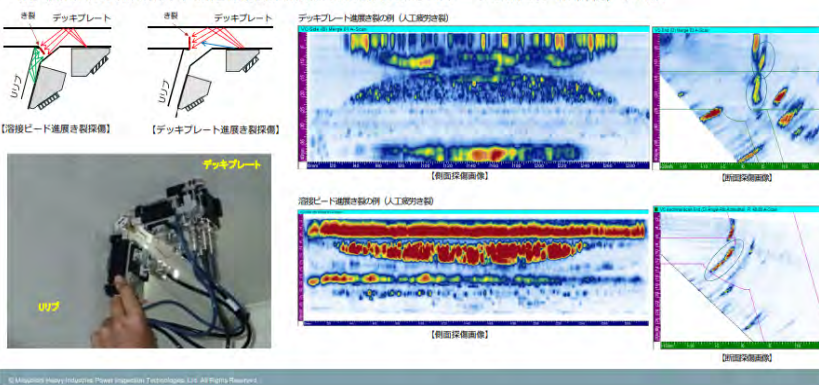


図-4.2 非破壊検査技術の例(フェーズドアレイ超音波探傷)

えるというような形です。かなり生のデータに近い形で保存していますので、次回に点検したときに波形を比較することでどのくらい伸びたかとか、もしくは何か新たな事象が発見されて、今まで見てきたところはどうか？ということになった場合に、そういう新たな知見に基づくデータの見直し、再評価といったことも可能になります。ということで、かなりデジタルライゼーションという状態に近づくことができるのではないかと思います。このフェーズドアレイの技術ですが、最近フルマトリックスキャプチャーFMC/TFM(Full Matrix Capture / Total Focusing Method)といった新しい技術もどんどん実用化されてきています。このFMC/TFMというのはフルマトリックスキャプチャーっていうですけども、一般的なフェーズドアレイはこの各短所母子の送信タイミングを調整して波形を作ってその作られたデータを保存するという形ですが、フルマトリックスキャプチャーの場合は、それぞれのセンサー1個で励振した際の生データを全ての素子で取るということをやっています。例えば、この四つのチャンネルのフェーズドアレイセンサーの場合ですと、一つ目のセンサーで発信して一、二、三、四、それぞれで受信をする。次のタイミングでは、二個目のセンサーで送信をして、全てのチャンネルで受信をするというような形で順次切り替えながらデータを取ることで16個の波形データが取れるわけです。その後、これらのデータを後処理で合成をすることによって、たとえば焦点条件を変えたりした時間差設定です。そういうった形で最適な画像処理をしてやろうというやり方です。

このTFCのデータを使うことによって、例えば探傷範囲を格子を切りまして、各格子の交差点ごとに最適な焦点を結ぶようなフェーズドアレイの計算をして、その計算条件で焦点を結ぶというような画像処理を信号処理をするということができるようになっております。そうすることによって、通常のフェーズドアレイでは若干こうぼやけているというようなものでも、かなりシャープに画像化をすることができるという技術です。このあたりが今の最近すごく研究が進んでいる分野です。数年前まではまだリアルタイムではこの処理をすることがなかなか難しかったんですけども今現在はほぼリアルタイムでこのTFM処理をすることができるようになってきています。その他にも、例えば溶接部のビードの上からこの溶接のビードの形状を補正した上で焦点を結ぶアダプティブフェーズドアレイ探傷などがあります。

それからエコー高さではなくて、波形の周波数情報を使って、寄与が増加するような、特に傷の先端部分を捉えようとする方法があります。位相、コーヒーレンスイメージ(PCI)というふうな言い方をしています。こういう技術なども出てきているとFMCでデータを取ることによって信号処理することで、こういう新たな探傷もできるようになってきています。

渦流探傷におきまして、同じようにデジタル信号処理というのが進んできています。現在、鋼橋で使われている渦流探傷試験と言いますとこういう形でポータブルタイプの渦流探傷装置がありますが、こういうものと、それから手探傷で動かすプローブを組み合わせて、溶接部のところを手動走査しながらきずを見つけるというやり方で塗膜の上とかさびの上から傷を検出することができるということで浸透探傷(PT)であるとか、磁気探傷(MT)検査の代替として注目をされているという方法です。

これもUTと同じで手で動かしていますので位置データというのを持っていないというところで、なかなか情報量としては不十分なところもあるということが言えると思います。ECTアレイというような技術もありまして、センサーという形でプローブをたくさん並べてタイミングを変えながら励磁と受信を繰り返すことによって画像化をします。こういうことを使うことによって一点のプローブの直下の信号から空間的な分布を見ることができるようになってきているというところなんです。

ここまで紹介させていただいた技術はもうすでに全部市販されていますので、昔のように高価なシステムを自社開発しなくてもこういう装置を購入してきて、ある程度うまくアイデアをオーダーして活用すれば、検査の高度化とか効率化というのは期待できます。ただ、完全に夢のようなバラ色の装置ではなくて、やはり現実的にはいろいろな課題が出てきているという風に言えると思います。

例えば、塗膜上からの検査である場合、この塗膜の影響、つまりこれが気にしないことによる探傷感度の変動というものが出てきますし、それから溶接部の形状が特に鋼橋の溶接部などの場合は非常に均一ではないというところがありますので、形状の影響を受けることが考えられます。それからスカラップとか補修・補強によるボルト締結部みたいな付帯部分によって探傷を阻害されてしまって、全面で均等な検査ができないというケースもあります。

そこで、結局のところ目視に勝るものはないというか、なかなか目視を代替していくような先進技術が導入できないというようなところの課題がやっぱり現在としてあるということは事実だと思います。さらに点検場所が閉所であるとか、高所であることも非破壊検査適用の課題としてあります。箇所数も膨大にありますし、コストの問題もありますので、そのあたりのあの障壁を解決していく必要があるということとは言えると思います。

さらにこういう先進的な技術であるからといって、ブラックボックスで使えるわけではなくて、やはりその理論であるとか、その限界、正しい使い方というのを理解した試験技術者が対応する必要があると思います。

さらにそれらの非破壊試験の技術者がこれからは DX の技術とかですね。もしくは AI などの分野のスキルも合わせ持つてできるようにしていかなければいけないということで、新しい技術を使うためにはなかなかハードルが高いということが言えると思います。

規格化に関しましても、海外では結構こちらにちょっとリストでいくつか出しておりますけれども、フェーズアレイや TFM もですが、すでに規格化が進んでいるのですが、日本国内ではまだまだ自主規格化が進んでいないというところもありますので、今後こういった法規制への取り込みというののもやっていけないといけないというところだと思います。

デジタル技術の進化で非破壊検査技術の世界はかなり変革してきて、いるのですが、鋼橋の検査の主体である近接目視とか磁気探傷試験に自動化を持っていくというのはなかなか難しいところがあり、人間の汎用性を超えるのはなかなか大変だということもあります。

UT(超音波探傷試験)とか ET(渦流探傷試験)のような自動化との親和性が高い技法であっても現物の製品の形状の問題、コストの問題というところがありますので、そのあたりを解決していく必要があるとはいえ、市販品のレベルでもかなりのことができるようになってきています。ですので、うまく活用すれば、こういう先進技術を使って高度化をしていくということができるのではないかなというふうに考えております。

探傷装置の説明は以上です。どうもありがとうございました。

(白旗)先進的な超音波、渦流探傷の技術等についてご紹介をいただきました。目視に対するコメントもありましたが、またあとでいろいろ議論が出てくるかと思います。よろしくお願いいたします。
それでは次に土橋さんよろしくお願いいたします。

4.5 DX 時代における鋼構造物の非破壊検査：首都高速の取り組み ―現状、課題、展望―

(土橋)はい、それでは、首都高速道路技術センターの土橋よりタイトルにありますように、DX 時代における項構造物の被破壊検査の現状課題展望について現場からの課題も含めてご紹介させていただきたいと思います。

まず一般的に、構造物の点検診断における課題です。これはもう皆様ご存じの通りですが、(i)構造物の高齢化に伴う損傷が増加している、(ii)あるいは点検が非常に困難な箇所における(iii)点検方法並びにその精度をどう求めていくか、4 番目にありますように、(iv)今後高齢化するに従って人材の確保、これに伴うコストの増加等、様々な課題を抱えているというのが現状かと思っています。

これらの現状、課題に対して点検診技術の確立に向けたジャパンテイングしまして、全てまんべんなくというのはなかなか難しい状況にあります。その措置の優先順位をつけるルールも必要ではないか、あるいは、探傷技術の開発、非破壊検査技術の開発、活用等が求められているかと思っています。また、先ほど申したように点検が難しいところの点検精度の向上に向けた開発、あるいは将来的には、構造物の劣化の予測っていうところまで行きつけば素晴らしいことと思っています。

点検診断を適切に行うためには、技術を開発することに加えて、先ほどからもありますし、今回のテーマでありますように DX ということで、データ駆動型データベースを構築し、データ駆動型の維持管理に結びつけていくということがポイントだと思います。

一般的には現場で行われている実務の現状を少しお話しいたしますと、まず一番基本的な MT(磁気探傷試験)です。塗膜割れを見つけた場合、塗膜を除去して、MT 検査をする、ということになっています。基本的には塗膜のひび割れを見つけて、そこを検査するわけですが、ここでの課題というのはまず、塗膜の除去作業が必ず発生することです。それから塗膜を除去して MT をかけた場合であっても、実際、き裂がそこにあったという割合はおおよそ 10%強くらいといえます。そのようなケースが多いので、点検能率の低下、あるいは費用の増大というのが現実的に今も課題となっています。

その中で、これに代わる非破壊検査技術の開発というのが大きく求められているわけです。先ほどご説明が八木さんからご説明ありましたように渦流探傷技術についても、精度の検証については、まだまだ課題が残っているとは思いますが、塗膜を剥がないで行う検査方法等が、非常に期待されていると思っています。

二番目の課題としまして、鋼橋の基部、コンクリート埋め込み部の腐食の検査です。これにつきまして今現在は目視でやっています。寝巻コンクリートあるいは鋼橋脚の中には中埋めコンクリートも入っていますので、こういった箇所の腐食腐肉の状況の把握が非常に困難です。実際、標識柱などについても、このような技術が適用できます。鋼橋脚の規模の中詰コンクリート、あるいは根巻コンクリート等があるようなところでですね、従来型の UT で検出の可能性はあるかということについてはまだ課題が残っているのではないかと思います。

それから三番目です。これは先ほど八木さんからご紹介の鋼床版のき裂の検査です。従来は、デッキあるいはビード進展型のき裂に対してデッキ型で首都高技術センターでは SAUT、半自動の超音波探傷システムを適用しています。深さとしては 6 ミリ以上のき裂を検出することができます。また、ビード進展型については、ビード表面に出てこないと分かりませんので、目視で表面に現れた貫通き裂を点検しているというのが実態です。

鋼床版のき裂に対しては、できるだけ早い段階でき裂を検出したいと考えており、対策としては現状ではき裂が溶接線長に 300mm を超えたときにこの写真にありますように、撤去し、新材に取り替えています。ですが、できるだけ早い段階で検出できると好ましいです。き裂がまだ経過観察の段階か、あるいはストップホール等の対策によって補えるものなのか、対応できるものなのかということが必要です。すなわち、き裂の発生の初期の段階で検出できる技術の開発が求められています。

これに対して、現在、デッキならびにビード進展のき裂を検出する技術としまして、この後ご紹介したいと思います。ルートからデッキ進展、あるいはビード進展する技術につきまして、先ほど、八木さんから説明があったフェーズドアレイ法に開口合成処理を施してき裂の形状を検出しようという技術です。このように 32 個の振動子から音波を発信し、タイミング制御することによって任意の角度も合成波を発生させます。こちらにありますように、 33° から 87° の範囲で 3° 間隔で 17 パターンの高速に切り替えを行います。

従来と違うところは、このマトリックスアイでは、送信波と別経路で受信した波について反射波についても、考慮することができます。なお、かつ時間のずれの補正、あるいは距離の補正が可能です。画像化、開口合成処理を行って、き裂を検出し、形状並びに大きさを推定するというものです。

具体的にはこのような形をしています。半自動の UT(SAUT)ではき裂の高さ六ミリ以上の検出の精度、き裂センター位置は検出できますが、形状まではぼやけてしまいます。これに対しまして、このマトリックスアイにおいては、き裂の先端位置並びにき裂の形状も含めて、2 ミリ以上のき裂を検出ということで、こちらでは早期の段階で鋼床版の疲労き裂の検出が可能になりました。

現場での課題と現状と課題、並びに現状こういった技術で検査しているかということを紹介しましたが、こういった点検結果のデータをいかに効率よくするか、DX をどう活用するかということが今回のテーマでもあります。やはりデータプラットフォームによる点検データの活用というのが大きな課題になってくるかと思います。点検から維持、補修工事までを体系的に整理して時間軸、二時点間での損傷の進展などをきちっと把握するということが重要になってくるかと思います。これにおいては、近年こういったデータプラットフォームを活用したデータドリブンな運用というものが進んできています。検査技術に加えまして、モニタリングというものも重要な位置づけになっているということで、今後は、モニタリングあるいは非破壊検査技術の開発、あるいはこれらのデータの連携というのが重要になってくるかと思います。こうすることによって、点検の技術の高度化、高精度化の実現あるいはさらには、生成 AI を活用した効率的な評価につながっていくものと考えています。また、これに加えてモニタリングデータの活用をすることによって、デジタルツインでシミュレーションした結果をもとに最適解を創出し、それを現場にもう一回フィードバックするということが今後可能になってくるかと思います。

適切な時期での措置の実施あるいは時期が実質推定ができると、今後予防保全から予測保全へと移ることも可能になってくるのではないかと思います。これは首都高の一つの事例ですが、もう一つ高速ではこのような GIS を活用したデータプラットフォームがあります。こちらに様々な現場からの点検データが保存されます。新たな技術を活用した点検結果を、このプラットフォーム上に集約し、このプラットフォーム上で様々なシミュレーション、会



図-4.3 首都高速インフラデータプラットフォームの事例

社技術、あるいはそれに伴う劣化予測ということも行いながら、このメンテナンスサイクルを回していくということに、今、チャレンジしています。

最後になりますが、構造物では、先ほど申しました劣化予測ということで、このように疲労損傷などにおいては、発生する箇所、部位などはもうある程度わかっておりますので、そういったものを想定しながら点検あるいは対応していくのが重要です。さらにはその損傷だけではなくて、実際、その構造物の累積軸数、交通量、あるいは建設時からの経過年数等も含めたそういった総合的なことを含めて、ダメージの損傷、定量的な推定というのが重要になってくるのではないかと思います。

それに加えて、こういったモニタリング技術を使いながら、合わせ技で評価していくというのも一つの方法だと思います。これにつきましても、今日はあまり詳しいことはお話しできませんけども、モニタリングというのも、何をじゃあモニタリングすればいいのかとかどういう精度でどういう頻度でやればいいのか、またその結果を評価するにあたっては、どういう要求性能で評価するのかということも課題としてありますので、このあたりの整理が今後必要になってくると思います。

最後に、これらの課題現状を踏まえまして、将来展望として、個人的な意見も含めてまとめさせていただきました。まずはデジタルツインによるデータ駆動型のマネジメントが必要です。そのためには、フィジカル空間から点検モニタリングの結果などを集約する、あるいは過去の措置のデータなどを集約して、サイバー空間上のデータプラットフォームに集約統合します。こういったデータを使って近年では生成AIあるいは高度な解析技術を用いてシミュレーションすることによって最適な解をフィジカル空間の構造物にフィードバックします。これによって、効率かつ適時適切なインフラの管理ができるのではないかと思います。

ここでポイントとなるのは、近年ではデジタル技術の目覚ましい発展に伴って三つのキーワードを挙げさせていただきます。(i)リモート、(ii)接触・非破壊あるいは(iii)オンラインリアルです。リモート。これはもう遠隔で監視する遠隔で診断できる技術ですので、今日のテーマであります。非破壊検査、あるいはセンシング技術によってデータを集約します。こういったデータがオンラインリアルとなります。今の大容量高速通信あるいはIoTクラウドを活用することによってオンラインでリアルタイムに集約することができます。こういった技術を活用することによって、データの有効活用ができるのではないかと

思います。今後は、破壊検査、モニタリングなどを活用し、まずは一次スクリーニングを行って、点検の優先順位あるいは措置の優先順位をつけていくことが必要となります。異常が予測される箇所については、詳細検査を実施します。まさに先ほどご紹介あったように、医療で例えれば、まず会社の健康診断を受ける。これで何かおかしい説明が見つかったら、大きな病院に行って精密検査を受けるということになるかと思います。このように二段階にすることによって、点検の効率化や重力化を図ることができ、なおかつ高精度に、的確に構造物の診断評価ができるのではないかと考えて、将来的にはこれが予測保全につながっていくイメージが記載されています。ただし、ここで重要なのは一次スクリーニングで 100 パーセント、100 点を求めるのではなく、とにかく見落としをしないという精度を確保します。すなわち、精度はもう八割でいい、すなわち 125% くらいの安全を見込んだ精度で取って、ただし見逃しはゼロとすることです。これが最初のスクリーニングで重要なことかと思います。こうするためにも、デジタル技術を活用した点検診断の高度化、あるいは効率化に加えて、さらにはやはり、近接目視で使った暗黙知、経験知など、人が有するアナログ技術との融合することによって、トータルのライフサイクル全体での最適化が実現するものと、期待しています。

私からは以上でございます。

(白旗) どうもありがとうございました。まさにあのこのタイトルである DX を取り組まれている会社、機関の取り組みという感じをいたしました。ありがとうございます。それでは次のパネリストに移りたいと思います。長澤さん、よろしくお願いいたします。

4.6 地方自治体のインフラ維持管理—道路橋の管理と DX—

(長澤) はい、地方自治体のインフラ維持管理、副題として、道路橋の管理と DX 現状課題展望について、と題して発表します。一般社団法人インフラソリューションズ産学連携コンソーシアム、特定非営利活動法人日本 PFI-PPP 協会の長澤から説明させていただきます。

説明内容です。地方自治体のインフラ維持管理と DX と題して、三つ項目、現状課題展望と挙げさせていただこうと思います。まず一つは道路の維持管理の実例です。二つ目は、道路橋維持管理のデジタル化の現状と課題。三つ目に地方から産官学への期待ということで説明したいと思います。

その前に、私の NPO について、肩書きなど初めて聞く方も多いかと思うので、少しだけ説明させていただきます。インフラソリューションズ産学連携コンソーシアム(IS コンソ)おそらく誰も知らないと思いますけど、これを現在立ち上げ準備期間の本格始動は次年度、令和 7 年度から予定しております。

NPO の内容は、地方自治体を産学連携で支援することです。技術、人材、ビジネスということを考えております。もう一つ、これは歴史ある団体ですが、日本 PFI-PPP 協会(PFI 協会)です。こちらは地方自治体を官民連携つまり PPP と言い換えられますが、仕組みとファイナンスを、支援しています。橋梁維持管理事業に関しては、老朽化橋梁マネジメント研究会を設置予定と今年度(令和 6 年)の下期に設置予定です。

発表の中身ですが、先ほどの三名の方がいろいろ世界の最先端非破壊技術、首都高速は、日本の道路、特に鋼橋を対象としての維持管理の最先端技術と続きましたが、私は、ガラッと変えるということではないのですが、起承転結で言えば転の役目ということで、地方自治体の実態について、ご紹介したいと思います。

まず写真が四つありますけど、左上はこれ六十谷水管橋です。難しい環境ではありましたが、ここでは鋼道路橋ではないので、説明はしませんが、皆様もご存じのように3年前に崩落の事故が(六十谷橋で)ありました。残りの三つは、中山間部、地方にかかる橋で、比較的小さいものです。国交省がその法定定期点検義務付けたのは2メートル以上の橋長です。ですので、小さい橋がたくさん含まれているということで、小さい橋もあげさせていただこうと思います。この写真の中で、二つをご紹介したいと思います。

この二つを選んだのは、通行規制を実施した橋梁の例ということです。まず左側ですが、これは橋長7メートル、幅員2メートルです。判定がIII、二巡、三巡と検査が行われてどの時点での判定IIIかはわかりません。どの時期で通行止め措置が取られたかも正確にわからないのですが車が通れませんというふうに通通行止めとなっています。左側は看板を立てて止めてるという状況です。

右側の橋は長さが20メートル程度です。右の方は、これも通行止めなのですが、車が入れないように、棒を立てて、結局二輪車と歩行者だけが通行可という話です。左側の橋について、もう少し詳しく見ると、どうなっているかといいますと、この橋を下から見ると、このようになっています。I桁です。型鋼なのか(溶接したものかはわかりませんが、)三本の桁があります。これ手前の方も下フランジの腐食が激しいと思われるものです。その奥の方の三本目の主桁ですが、これを拡大すると、主桁が腐食でなくなっています。これでは何かあったらこれ下ウェブが全く機能しません。自動車は通行止めですが、歩行者は通ることができるという判断でしょう。真ん中の桁が比較的健全なので、ここで落ちないでいるという感じです。

もう一つの橋梁、ポールを立てた方ですが、これは昔あるときに、いつかはわからないのですが、(14トンを超えないような)重量制限を設けたそうです。ですが、その後にやっぱり劣化が進んで、今度はこのようにポールを立て、車を通れなくしました。重量規制の標識は今はいらないことになります。

横から見たら、二径間となっています。郊外にある橋ですが、左端のアップを見ますが、草が生えています。ここに支承があるのですが、これもともとも橋台の上に置いている橋だったみたいですが、ここが錆びてしまったようです。(腐食で桁端がなくなっています。)支承のあるべき箇所に草が生えています。反対側の桁端のほうがわかりやすいですが、支承ではなく、桁を橋台の上に直接置くタイプであったようですが、朽ちていることがわかります。定期点検の目視だけで検出した腐食ということになります。

こちらは鋼構造で適用される非破壊検査の種類を示しています。いくつか検査の方法があり、上から目視、磁気探傷、浸透探傷、渦流探傷、超音波探傷であり、略称で言うとVT、MT、PT、ET、UTと呼ばれています。

先ほど示したように、あの地方で点検するとき、一般的な非破壊検査の中はほとんどこの目視となります。言い換えると逆にもうすべてを目視で点検調査をしているということです。二番目でき裂が疑われる場合に実施、磁気探傷です。もちろんいろいろ橋があつて、先ほどの小さい橋では磁気探傷ということとはほぼなくて、ほとんどが目視で行われています。

下の方にある超音波探傷は橋梁製作時は品質管理として試験を行います。特殊な場合の検査、ということで、まあの隣に座っている首都高の場合は超音波探傷は特殊ではありません。ただ、全国広く見ると首都高が特殊なほうであるともいえると思います。いずれにしても、地方の自治体にとっては超音波探傷は特殊な試験になります。次は、課題をあげるまえに、まずは現状を調べてみました。実態を調べるの

に、地方自治体を対象にした橋梁の維持管理に関するアンケートを実施しました。実施者は先ほど触れました日本 PFI-PPP 協会にお願いをしました。

対象は全国の行政会員 1038 団体ですが、道路橋とは関係ない管理者も結構いるので、結果的には、アンケートは橋梁管理者のみの 130 団体からご回答をいただきました。回答日は、ついこの間で、十日前ぐらいの(2024 年の)8 月 23 日です。結果の前に回答した 130 の内訳です。地方自治体、都道府県から、政令市特別区と市町村、市が多いです。こういったバランスで回答いただいたということです。データ提供の PFI-PPP 協会、回答いただいた自治体の方にもお礼申し上げます。

アンケートの中身ですが、ここでご紹介するのは DX に関することだけをご紹介します。まずは、橋梁管理業務のデジタル化を実施しているか、していないか。あと二つ目には、実施しているデジタル化の内容について、あとは三つ目は橋梁または土木インフラの維持管理についての自由記述です。回答をした自治体の内訳です。回答数 17 が都道府県、5 件が政令指定都市、6 件が東京都特別区、90 件が市、12 件が町と村です。

結果を示します。最初の質問デジタル化してますか？ということですが、しています、は 69% です。逆に言うと 31%はしていないことになります。何を持って、デジタル化してますか？という内訳をここに書きました。

4 つに分けましたが、第一として、PDF で管理してますが 67%です。エクセル等でデータ化してます、が 78% です。要は、PDF を取ったり、エクセルを使っていることをデジタル化してます、と分けたことになります。ですので、デジタル化については、何を持ってデジタル化っていうのは定義が難しいかもしれないですけど、今回のアンケートでは、PDF 管理してます、エクセルデータ取ってます、ということにしています。

それではそれ以上のこと、デジタルツールシステム、たとえば BIM/CIM のデータ連携、いわゆる今回のデータの DX ですが、一応設問を設けたんですけど、あまりありませんでした。極めて低いです。ここは多分課題の一つといえます。あと後ほどパネリストの方のご意見も伺いたいですけど、デジタル化してます、と言いつつ、本当の意味での DX につながるところはまだまだというのが実態です。

次に自由記述ですが、いろいろことを書いていただきました。四つを挙げました。アンダーラインのところをメインに読み上げますと、「法定点検の費用が固定費となり、思った通りに修繕工事に予算が充当できていないのが現状である。このため、できるなら点検費用を削減したい」これは、費用の面となります。修繕工事に予算が充当できない、のが現状であるようです。二つ目。「財政が厳しいため、修繕している間に他の橋が悪くなり、メンテナンスが追いついていない市町村が多い」、ということです。県の方のコメントですが、市町村の実態も示したコメントだと思います。三つ目は「国、都道府県と市町村では橋梁の規模や構造が大きく異なることから、点検や設計、募集方法などを国や県、市町村で区分してほしい」ということです。同じ基準だと厳しいということです。先ほど実例の写真を示しましたが、やっぱり首都高と地方の市町が管理している橋を同じ基準で行うことは厳しいということです。

最後に、自治体の四つ目の課題として、「先進事例や技術支援等、課題解決のための意見交換等の必要性が高い」と思われています。県からの意見ですが、ここは、我々もこういう取り組みで研究討論会で自治体の方にも、実態を反映するように、意見交換等は私も必要性高いと思っているので同感です。

ピックアップした四件だけではありますが、自由記述を書いていただいたのが 26 件、その中で書いてあることを、私なりにピックアップして数えて、棒グラフにしてみました。技術者不足 6 件、技術シ

システムに関する問題 4 件、情報共有共有したいという希望が 6 件あります。また、制度改善が 12 件、予算不足を指摘するものが 9 件あります。自由に書いてくださいと言ったらこれらのキーワードが出てきたので、予算不足なのが 9 件しかない、というわけではないと思います。

最後のまとめとして、いろいろな地方の方々とお話をし始めたぐらいですが、私なりに解釈をして四つ書かせていただきました。一つ目としては NDE 4.0 を始め、新しい技術を産官学でリード、それが地方に拡大・浸透することに期待(?)。最後にクエスチョンをつけたのは次なのですが、それには地方の実情にあった、現実的かつ継続的に運用できる形にする必要がある、ということ。三つ目には、地方とのコミュニケーション、意見交換、情報共有を望み、それを含めた新しい DX に期待します。ことでまとめさせていただきました。以上です。

・ Q3：橋梁または土木インフラの維持管理についての意見・要望等（自由記述より）

➤ 法定点検の費用が固定費となり、思った通りに修繕工事に予算が充当できていないのが現状である。このため、できるなら点検費用を削減したい。（市）

➤ 財政が厳しいため、修繕している間に他の橋が悪くなり、メンテナンスが追いついていない市町村が多いので、解決できる手段があれば教えていただきたい。（県）

➤ 国・都道府県と市町村では橋梁の規模や構造が大きく異なることから、点検や設計、補修方法などを「国・県」「市町村」で区分してほしい。小規模な橋梁補修工事でも費用が大きくなってしまふ。（市）

➤ 施設の老朽化や人材不足等、公共インフラの維持管理を行う自治体等は共通の課題を抱えていると思われるので、先進事例や技術支援等、課題解決のための意見交換等の必要性は高いと思われる。（県）

Industry-Academia Collaboration Consortium for Infrastructure Solutions

11

図-4.4 地方自治体アンケート：自由記述

（白旗）はい、どうもありがとうございます。最初の三人はなんかいろいろかなり先進的なお話をいただきましたが、ここでは地方の状況ということでお話をいただきました。いろいろアンケートを取っていただいたのは面白いなと思いますし、もっともっといろいろな自治体から取ったらまたいろいろなデータが情報が得られるのかなという気もいたしますが、これはまた今度できたらという感じで続くとよいと思います。ありがとうございます。それでは、パネリストとしては最後になります。国交省の増さん、よろしく願いいたします。

4.7 道路メンテナンスの動向—老朽化・予防保全・新技術—

（増）はい、増です。よろしく願いいたします。私のプレゼンにつきましては、道路メンテナンスの動向ということで、老朽化と予防保全と新技術というものです。まず最初に道路メンテナンスの十年といったことで、この十年の振り返りです。あと一つとして、よく知られた橋梁の建設年度の分布となります。全国の橋の建設年度を管理者別に分けたものですが、1921 年から最近までで 1960 年代後半から 70 年代が多く作られています。これらが今まさに 50 年を迎えようとしているといった状況です。

こちら側のこの十年の中で、やはり老朽化してきているということで、保証としても会議を作ったりした中で、トンネルの事故というのがやはり社会的にも大きな影響があつて、その後法律を変えて、法定点検をしたところ。これが 2014 年から始まって、一巡の五年間で 2 巡目、3 巡目、今年がちょうど 10 年になり得るところです。一巡目が終わった後に、やっぱり相手指定、質の確保と合理化しようといったところも入っています。一巡目をなんとかやってきて、合理化して 3 巡目にするにあたっては、その前に道路点検データベース、xRoad と書いてクロスロードといいます。

もう一つにあります、全国の点検データを全部集めましょう、といった仕組みを作ったのと、点検要領の改定として記述的評価があります。しっかりと構造物を見て、適切な措置につながる評価をしようといったことと DX を活用して効率化しようといった体系化を行ったということです。今年から 3 巡目になっているところです。

こちらのちょうど先週の月曜日、道路メンテナンス年報、毎年出していますが、2 巡目が終わった(10 年の)ところの状況を示しました。2 巡目の点検実施状況を左上に書いてるんですが 2 巡目点検は概ね百パーセントが終わっています。ただ左下にあるように、点検の結果、あとの措置をしないとイケないものがあります。

国道や高速道路はだいたい措置着手済みで完了も八割超えています、地方公共団体がまだ措置ができてなかったり完了してないというのが一定見受けられるといったところです。あと右下に、診断を行った後に、ローマ数字の I から IV、I が青色、II が黄色、III がピンク、IV が赤という診断の区分を橋梁ごとにすることになっています。

その状況を 2018 年から示してまして、ピンクと赤色、赤色もすぐに措置しなければ、手を打たなければなりません。ピンク色は次の点検まで、五年間の間に措置しないとイケないことになっているところは着実にあの減少はしているところではあります。ただ、減り数を見ると、まだそれが残っていて、今後さらに老朽化が広がってくると、なかなかこれらにも手が回りにくくなるという懸念があるといったところです。

定期点検がルール化して点検が進んでいるということです。道路メンテナンス、年報で見える化して、問題が共有していくつもりです。あと、データベースを整備してデータを蓄積してきたといったところなのですが、今後の課題としては、それらをうまくデータをしっかりと一連の点検データを記録して措置して診断してっていう流れの中で、うまく業務効率化、やはり適切な措置を行っていくようなメンテナンスサイクルを実現していくというのが今の課題といった状況です。

次に、予防保全のメンテナンスの話をさせていただきますと、こちらの予算です。上が直轄の予算で、下が地方公共団体の予算で大量が改築となっています。赤色が維持修繕の予算となっています。やはり老朽化するに従って維持修繕が増えてこざるを得ないんですけれども、その分、やはり改築の予算が減ってしまっています。ただ、やっぱり必要な道路の整備というのなかなかこう苦しくなっています。修繕にかかる経費っていうのを抑えていく必要が出てくるということです。

これは予防保全のイメージなのですが、事後保全としてしまうことに対して予防的に保全することでコストを下げて、さらに、新技術を導入することで、先ほど土橋さんが言っているのは予測保全というのもまさにそういったところになると思って聞いていました。そのあたりのコストを下げていかないといけません。劣化がひどくなってしまう前に措置を講じて、より長持ちさせていくということが重要ということです。

例えば、予防保全をきちんとせずにしておくと、結構手間がかかってしまったり、費用がかかってしまった例として、橋梁のひび割れが出てきてて放置した場合です。抜け落ちてしまったりしてしまうと結局のところ、床版を全部打ち替えないといけないところがあります。その先に、手を打って変質とか張り替えていくとまだ長持ちできたのではないかという事例です。

あと、右側につきましては、桁の塗装劣化サビのですが、ほうっておくと先ほどの長澤さんからも例があったように、桁端部がこのように全部、腐食してしまってものです。手当てをしないといけなくなってくるところをきちんと、前もって塗装して、そういった作業が必要です。

制度的なものとして、やはり地方公共団体に対して道路メンテナンスなどの授業といったものも進めてきているところです。次に三つ目として新技術とかデータベースの話をさせていただきます。国交省の方でも前々回の二巡目に入るところから、やはり合理化を図って、効率化を図っていこうと考えており、新しい技術を使うために、点検支援、点検支援技術の性能カタログということをしています。こちらは国が定めた標準項目に対する性能値を開発者に求めてそれが開発者から提出されたものをカタログとして取りまとめたものとなっています。

橋梁、トンネル、などをはじめ、いろいろな分野の技術があり、画像計測だったり、非破壊検査もこの中に示されています。特に橋梁の中では72の技術が含まれています。

ホームページの中でもこんな形で、点検支援技術を例えば材料ごとに、鋼、コンクリートなどに分けて、その中でも画像計測技術とか非破壊技術といった項目をつけていて、それぞれどれに扱うかっていうものが全部ホームページで出されています。例えば、ここの点検支援技術のうちの超音波探傷の技術の非破壊を見てみると、これは先ほど土橋さんからご紹介がありました。鋼床版のマトリックスアイというものは、今年の春に公表されていたものです。また、先週の金曜日に点検支援技術に関して、毎年公募を行っています。やはり技術は日進月歩でどんどん新しくなってきたり、改良されています。また、リクワイアメントを明確に提示して、こんな技術を求めていますといったことまで公表しています。直轄国道においては必要なところ。また点検活用原則の方も進めているところです。

点検データベースにつきましては、令和四年から始めています。基礎データベースもしくは道路構造物ごとにより詳細な点検結果なり諸元なりを示したデータベースの方も公表しています。全国のデータが掲載されていて、直轄がやはりデータが多いのですが、自治体の方もこれから順次必要な情報が入ってきてくれるところを期待しているところです。

最後に最近の動向といたしまして、制度の面の話です。定期点検3巡目にあたりまして改訂しました。一連の定期点検の流れですが、状態を把握して評価をして、措置の検討をして、措置の方針を決定して、健全性の診断の区分一から四というのを決めて措置を行うといったことになっています。ですが、この右の方に書いているように、点線で技術的評価までやろうということを明確に位置づけて、必要性をこう示したところです。

具体的に言いますと、左側が元の制度で右側が新しくなったところです。この青色で示された健全性の診断の区分を行う

にあたって、工学的な評価として、構造物の性能の見立てとか、特定事象の有無を求めるようにしました。

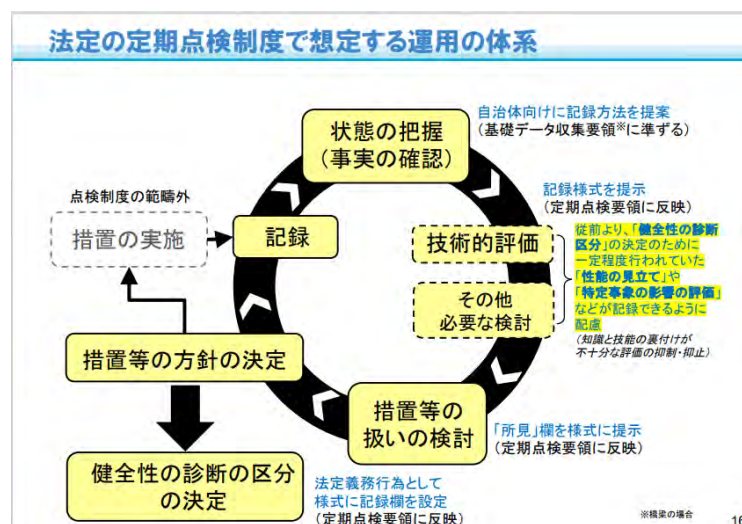


図-4.5 定期点検精度 運用の体系

具体の様式にもそれが明確に記載できるように書いています。左上が元の様式ですが、右下のように、上部、下部、上下部接続部という道路橋示方書の基準に合わせた形で区分して、活荷重や地震やあと最近では、出水とかに対してどういうふうな形で持つかどうかということまでがあります。

基本的な技術的な評価を行うところを記載できるようにしたことと合わせて、特定事象、疲労であるとか、き裂であるとか、アルカリ骨材反応があるかどうかといったことを明確に記録してもらうように変えたところです。

データの合理化ですが、左側の直轄の国道で多くのデータを取っています。これは点検だけではなくて、劣化が生じて以降見つけたり、五年に一度で本当にいいのかなど、そういったことを分析するために取っているのですが、各道路管理者で全部必要ではないので、最低限必要と思われる情報基礎データ収集要領というものを今回公表したところです。全国の管理者と共通してとなります。データを見ることで、これ xRoad の中に入れて、より効果的なメンテナンスにつながればといったところを狙っています。

最後に、今回の定期点検要領の中で、技術的な評価をきちんと行うことによって、必要な情報というものも明確になることで、この赤の枠に書いていますが、それに必要な近接目視を基本として、その他必要に応じた手段・機器の活用、モニタリングなどといったものから得られる情報を、明確にこれらの評価につなげていくといったところを狙っているところです。こういった中でも非破壊検査技術も大いに期待されているところです。最後はこれまでの流れの経緯を示したところです。

以上でございます。

4.8 討論会

(白旗)どうもありがとうございました。皆様もご承知の通り、3巡目に入ったところですが、国交省でいろいろ改善していろいろ工夫を加えているというところが、お分かりいただけたのかなと思います。

それではまず、五人のパネリストの皆様には話題提供いただきました。どうもありがとうございました。次に、討論に入っていきたいと思いますが、パネリスト間で限定したいと思いますので、この人にこういうことを聞いてみたいなど、質問がありましたら、お願いします。一般の参加者の皆さまも、QアンドAの方に、この人にこういったことを聞いてみたいなど、コメント、質問等あるかと思いますが、こちらにもたくさんお書きくださればと思います。よろしく願いいたします。それでは、パネリスト間でいかがでしょうか？

(土橋)中畑先生に教えていただきたいのですが、今後あのデジタル化が進む中で、データを連携するというのは非常に重要な要素になると思います。そのためには先生が先ほどご紹介いただいたデータフォーマットの標準化、これはすごくキーワードというかキーになると思いました。それでこのあたりで、先ほどご説明がありましたが、現状、それから今後これを進めていく上にあたって、まあ最終ゴールというものの具体的な姿があるのかどうかかわからないのですが、どういうロードマップで今、世界的にというか、日本でもいいのですが、動いているのか教えていただけませんか。

(中畑)はい、世界的な動きといいますと、非破壊検査協会というものを持っている国が、世界にはたくさんありますが、その中で特に活発に議論されているのが、ドイツとイギリスです。欧米、ヨーロッパの国がこういった標準化の話を今進めています。

それでゼロから作るというのは非常に難しいので、先ほど私が申し上げたように、医療がベースとして持っているものを非破壊検査向けにアレインジしていくような形で今作られています。まさにこの前の(2024年)6月韓国で、WCNDT という国際会議があって、非破壊検査のすごく大きな会議でエキシビジョンもあったのですが、その中でもやっぱりこの標準化の議論がされてました。ですが、まだ完成してはなくて、今進んでいる最中です。問題点とすると、ヨーロッパの方で進んでいるのですが、動きとしては、遅いところがあって、実はこの前の WCNDT でフライングではないのかという意見が出ました。

同じく出た意見としては、やはりそういうものは国レベルで持ってもしょうがない、という意見です。ある検査メーカーがこういうフォーマット出します、というのでいわゆるプラットフォームみたいになろうとする企業が出てきているというのも、実は一つの事実です。そのあたりもルールなので、本当はみんなで決めた方がいいっていうところもあります。ですが、遅いかなというので、そういうようにプラットフォームになろうとする企業も出てきているというのは事実です。

日本ではまあほとんど進んではないとか、もうほとんど、ヨーロッパの標準化の委員会の動向を横目で見ているというのが正直なところかという印象はあります。

(白旗)よろしいでしょうか？はい、ありがとうございます。いかがでしょうか。

それでは今の土橋さんのご質問と関連して質問しますけれども、あのさっきのデータフォーマットが標準化された方がいいっておっしゃっているのはわかるんですが、それはたとえば、首都高の中で機器によってフォーマットが一緒だったらいいなことなのか、それとも例えば NEXCO といった他社と連携するために必要だとかどちらの趣旨なのでしょう。

(土橋)社内もそうなのですが、やはりあのいろいろな機関、今、国の方で進められてます xRoad についても同じことが言えまして、いわゆるそれぞれ機関が違っていても、ある程度それぞれの機関がそれぞれの管理プラットフォームを持っていたとしても、ある程度データの方が標準化されていれば、このプラットフォーム間をまたいで、データを共有することが可能かなと思ったものですが、その辺の海外での動き、それから日本での動きってのがどんなものかなと思って伺いました次第です。

(白旗)ありがとうございます。確かに大切ですね。他社も含めて、いろいろな機関でのやり取りですね。他のあのパネリストに対していかがでしょうか。

(増)今のアメリカの話なのですが、定期点検要領を変えるときに、やはり全国の自治体の方にいろいろです。アンケートをしたりして、点検新技術どうですか？と聞いているのですが、それが本当に品質が担保されるのかということわかりにくいという声が結構出ました。機器が本当にその性能を発揮できるか、そういった中で、先ほど言ったようなデータの標準化というのは、解決の一つにつながり得るんじゃないか？標準化されていれば品質が担保されるとも言いやすくなるのではないかと、聞いてて思いました。

(白旗)ありがとうございます。標準化されれば、品質の担保ができるということですね。はい、ありがとうございます。どうでしょうか？それに対して何かコメント等いかがでしょうか。どうですか？八木さんからご意見どうでしょうか。

(八木)私からはフェーズドアレイ超音波とか ECT アレイとか、そういった先進的な技術を説明してたんですけどもお聞きしていると、その目視が点検では一番主流ということができると思います。そういった状況で、そのあたりのデータをデジタル化していくところで、このようなところが先行すべきところなのかなというイメージがあったのですが、UT にしても実際我々が取っているようなデータはかなりのビッグデータになります。そういう非常に精細なデータもデータベース化していく、というのが、例えば土橋さんのところでデータベース化の構想の中にあるのかといったことをお聞きしたいと思います。

(土橋)先ほどの議論で、まさにあの長澤さんの話にありました、先ほどアンケートでデジタル化しました。デジタル化したという結果の中で PDF 化しました、エクセルにしました、まさにここの段階でもう遅いということでしょうか。標準化されてないところが現実だと思います。それぞれのかかわった方が考えてそうされてると思うのですが、その辺を単純に csv で統一しておけばというのは、私的には後から処理する意味で楽になっているという感じはしないでもないで、あまり難しい標準化というよりもとりあえず csv に、データを統一するっていうのも一つの策かな？という感じは思っているところです。

(長澤)長澤ですが、私は自治体の方よりもアンケートとか、ヒアリングを行っているわけですけども本音です。やはり聞くとそこまでなかなかできないと、新しいことの取り組みの前に、まず人と金が足りないっていうのが多いのです。現状です。あの先ほど増さんが国交省、多分国総研もだと思いますが、いろいろアンケートとか調査をしてヒアリングをして施策に反映されていると、多分されていると思うのですがやっぱり意見交換を、プラス一歩、二歩踏み込んで、おそらく国交省が行うアンケート結果と民間や中立的な NPO などが行うなどで多分ニュアンスも変わってくると思います。言いにくいことが言えたり言えないとかですね。

できればそういうことも含めて実態を把握していただいてよりいいものに作っていただけるといいなと思いました。はい。以上です。どうもありがとうございます。

(白旗)それではちょっと途中なんですけど、QandA に質問が来ておりますので、読ませていただきます。八木様に質問です。紹介いただいた最新技術、特に鋼床版の探傷技術はどの程度実績があり、(検査の)確率はどの程度ですか？という質問です。

(八木)確率というのはどういう意味なのでしょうか？

(白旗)検出率というイメージでよいのではないかと思います。

(八木)探傷そのものは、完全にオープンな情報でないところもありますが、高速道路ではすでに、三年ぐらいデータを取らせていただいています。それで、き裂も結構発見はしているところではあります。

鋼床版のデッキ側のき裂というのはかなり明瞭にわかると思います。ビード側の方は溶接部の形状によっていろいろパターンがありますので、なかなか綺麗にわかるものもあるし、なかなか判断が難しかったりというようなものもあるのではないかなと思います。

ですが、長手方向の画像化ができますので、波形だけで見ているよりはかなりその識別性は高くなるのではないかなと思います。その断面の状況だけではなくて、溶接線長手方向の連続性も判断の対象とすることができるというところで、こういう画像化を使う手法というのはかなり有効性は高いというふうには考えています。回答になっているでしょうか。

(白旗)ご質問どうもありがとうございました。そうですね。鋼床版はなかなか検査が大変で学会でも出てくるトピックに出てきます。他に質問いかがでしょうか？

(増)私の方からお願いします。中畑さん、八木さんにちょっとお伺いしたくて、いろんな非破壊検査技術が進んでいるというお話がある中でもやはり、近接目視が基本だという話もあったと思いますが人の目で見るものの代わりというより、人が見えないところを見ていくとか人の目ではかなわないようなデータをいっぱい取って記録するというところに(非破壊検査の)強みがあるのではないかというように、認識しています。

やはり現場では見た方が早いと思います。ざっと見るという感じではありますが、少し長い目で見ると五年十年見るのでアレいばその方(非破壊検査のほう)が良いように思います。(非破壊検査のこのような特性を)いかに分かってもらうかというところが重要なのではないかと思っている中で、早く非破壊検査技術の効果というかそういったところ、道路のインフラにとってどういったところにあるか。その効果をどういうふうに示しているかとかどう感じているかというあたりで、いろいろあると思いますが、代表的なところを少しご紹介いただけるとありがたいと思っております。

(白旗、中畑)八木さんは現場で検査したこともあるので、八木さんにおたずねします、

(八木)鋼床版に関しては、これはもう目視では見えないところに起点があるものを対象としていますので、超音波を使うということは、非常に有効な検査手法だと思います。

例えば、先ほど土橋さんから話がありましたけれども、目視で見ているようなその塗膜の割れの下にある割れを見つけたい場合はこれは渦流探傷が非常に有効だと思います。ただ、実際には MT(磁気探傷)とかといっしょに検査して、実証をしてみると、意外と見つかっていなかったというようなケースが多いように思います。それはなぜかという、ビード形状がけっこうすごく汚いというか、形状が不安定な状態に、古いものはなっているものが多いようです。例えばそのビードの谷がすごく大きいものに関しては、やはり応力集中が大きくて、き裂が入りやすい。ですが、そういうものはあの渦流のプロブを当てようとしてもなかなか先端までプロブが届かないというようなところがあって、それで検出の件数が下がってしまうという問題があるのではないかと思います。

もともと渦流の炭素鋼の溶接部の探傷というのは海洋プラットフォームなどの事故の対応で開発されたと思うのですが、結構プロブの先端の R が大きいです。なぜかな？と思っていると、製造時の設計要求として止端部の R 処理をするという要求があるように思います。

その R を決めた上でそれに当たる大きなプロブでやっているの、結構大きなエネルギーで探傷ができるし、そもそも応力カバーされているので傷が入りにくいなど、そこをこれから、すでにある保守点検の対象に求めるのはちょっと無理はあるので、そこを技術で何とか改善していかなければならないと

思います。なのですが、なかなかそのハードルは高いと感じています。技術としてはいいんですけど、実際やりだすとなかなか大変なところがあると思います。目視でもいろいろカメラというものはたくさん出ていますが、人間の目と比べて上回る性能はなかなか出ていないようです。

その部分の判定基準というか、人間を追い求めるとなかなか代替ができないという側面もあるのではないかと思います。

(白旗)ありがとうございます。そうですね、増さんが、先ほどおっしゃっていたことですが、構造物の工学的評価を知りたいから、そのために非破壊検査がどれだけ貢献できるのかということおそらく気になっているということなんだと思います。あと、先ほども出ましたが、鋼床版で、確かにビード進展き裂などありますが、それで確かに土橋さんは溶接線方向で 300 ミリを検出するなどおっしゃっていましたが、300 ミリあると、あと何年で破断してしまうといったことなど、多分増さんは知りたいというか、そういうことが分かる非破壊検査による評価が重要ということだと思います。それこそ、先ほど土橋さんがおっしゃったような予測評価ということだと思います。予測評価につながる非破壊評価が求められていると思います。

他に質問がまだ来ているようです。U リブ関係のようです。ご質問、ありがとうございます。八木様への質問の趣旨は、U リブの溶接の検査です。U リブ箇所は目視でできないので、どの程度の確率で発見できるのか、というのがご質問です。き裂があると判定した箇所をはがして確認した場合、事例としてどの程度の確率で見つけられる。き裂の発生箇所を見つけられるか？という質問です。高速道路橋のみの事例ですか。

(八木)高速道路橋で検査したものの結果です。まだ今検出したものだとそんなにすぐに舗装が剥離してやらないとというやり方でもあり、デッキを貫通しているようなものというのは見つけていないので、あまり実際に剥離してどうだったのかという実証まではできていないと思います。

(白旗)八木さんもうどうもご回答ありがとうございます。き裂があった時に、あとどれくらい？例えばその先ほどのモニタリングも関係してくるんだと思いますがこういう条件だから、あと何年で伸びるということがわかるということが大切なのかと思いました。

(土橋)あの八木さんに質問です。先ほどあの渦流探傷のお話も随分詳しくしていただいて、私も過去には、現在は MT が先ほどのような状況なので渦流探傷で塗膜をはがさなくてできればいいということを随分記載しました。プローブの形状を小型にしてスカラップのところに入るようにして、あとは渦流探傷でもあの一様流の場合と渦流の二種類があるので、どちらの方が精度がいいのかが気になっていました。試してみたんですけど、なかなか現場でうまくいかなかったように思いましたが、まだ渦流探傷というのはその域を出ていないという風に認識していいのでしょうか？すごく(渦流探傷に)期待しているのですが。

(八木)そうですね。やっぱり、例えば一番最たるものの例として、回し溶接みたいなところでは大きなプローブは使えないですし、アレイのようなものを使って検査することができれば、もしかしたらその識別性上げられるかとも思いますが、スカラップといった箇所ではそういう手法も適用が難しいと思います。

現実はなかなか難しいのではないかと思います。特に炭素鋼の場合ですが、渦流探傷では基本は交流を使うので、表面に渦電流が集まってしまいます。ですから、ほぼ貫通しているようなものしか見つからないというところで、制約が大きいと思います。

MTを凌駕する、先ほど、見落としは絶対になくて過剰で検出していくことがいいということがありましたが、その目標を掲げているその比較対象として磁気探傷を対象に上げる場合は、それ(渦流探傷が磁気探傷を)を凌駕するのは難しいかかもしれないと思います。

(土橋)なるほどね。ありがとうございます。

(白旗)ありがとうございます。磁気探傷や目視といった言葉が出てきています。もしかしたらあの参加者の方々には非破壊検査をお仕事にしてらっしゃる方もいらっしゃるかとは思いますが、何か非破壊検査に対して期待しているとかこういう技術が欲しいなどのコメントがありましたらいただけると幸いです。が、いかがでしょうか。

はい、それではあのもう一回原点に戻って、DXの推進ということですが、おそらく、トップダウンとボトムアップとかいろいろあるかと思うのですが、先の長澤さんのお話にもありましたが、確かにcsvとかもあったかもしれませんが、例えば地方自治体にこういうDXというのか、超音波だけではないのかもしれませんが、そういうような検査技術を、機器を取り込んだ方が、全体としては上がるのではないかなという考えもあるかとも思います。

あとは、先進的な例えばですが、首都高の方に頑張ってもらって、デジタルツイン、例えば、そのようなプロトタイプを作ってみんなに広めるとか、結局は同じことを目指すわけですが、進め方も重要と思います。進め方に関していい方法といいますか、こうしたらとか、そういうご意見はいかがでしょうか？

(土橋)アクセスによるのではないかと思います。私は逆に、地方こそ自治体こそがデジタル技術、DXを活用して、先ほどのアンケートの中にもありましたが、点検に予算が割かれていて、なかなか修繕まで回ってこないっていうのは問題で、そこをいかにコストを落とすかということに対して、こういったデジタル技術を活用するということこそ私には必要なのではないのかなという気が最近できています。

ただ、問題は、それを進めようとするときに、人だとか技術者だとか、そういった課題も予算だけの問題ではなくありますので、そこをどう解決していくのかということを考えて時に、やっぱり自治体だけで市町村だけでやってくださいということではなく、そこを今後、サポートしていただけるような、たとえば(大)学の先生や、(長澤さんのような)NPOの方とか、そういった方が一緒になって組んで進めていくことが重要ではないかと思います。

(白旗)ありがとうございます。はい、確かにおっしゃる通りだと思います。さきほどの長澤さんのお話の中でも先進事例を教えてほしいという声があったこともそういう意見だと思います。何かそういう取り組みは、コンソーシアムではやってらっしゃるんでしょうか？

(長澤)長澤ですけれども、さきほどはネガティブなことも結構言ってしまいましたが、逆に、こんなことやっているとこんなことやろうとしてるという声も見聞きます。それで、今どういう状態かといいますと、

私なりに思うのは地方なりそのいろいろなところでも、このままではよくないと思っている方がたくさんいます。勉強して、いろいろなことをトライし始めてるけど、まだそれが表にちょっと出てこない。そのような状況ではないかと感じています。

それをもう一步上に上げると、いろいろなものが表に出て淘汰されて、より良いものになるのではないかと思います。先ほども、課題の中のコメントで制度に関するウェイトは高かったのですが、もう一方このこれを変えてくれたら良くなるというように、やはり潜在的には眠っているのではないかと思います。そこで制度を変えるのは民間からする、変えてほしいと思いますが、行政側などに、いろいろ諸事情があって、簡単には法律を変えられないところがあると思います。

民間側から見たりとか、普通の一般市民から見ると変えるのは簡単ではないかという意味が多分違うのですね。文字を変えればいいのではないかと？といったところにコストがかかるのか、ということもあります。

そこをおそらく大変だと思うのですが、やれば改善ができるのではないかとも思いました。あともう一点、いろいろデータ連携という話がありましたが、データ連携を噛み砕いていくと実態に合わせて解釈を変えると、ボトムアップという言い方をすると、ボトムから最新技術が現れるわけではないので、じゃあ何ができたらいろんな連携っていうのは、先ほどの制度と同じで(連携は)できるのではないかな？と思います。

例えば塗装工事で、塗装剥いだ時に何か見つかるのですが、塗装屋さんはそれを直すのが仕事じゃないので、そのまま塗りましたということを知るわけです。せっかく維持管理をしているので、何か仕組みをやると連携をすると、プラス方向に行くのではないかとというのは、多分潜在的に眠ってると思います。そういうところで連携して改善したりとかするのもま一つの方法と思います。

一方で、中畑さんや八木さんもそうですが、あの先端技術を、トップダウンに近いと思いますが、技術的な話で言うと、最新技術をどんどん広めて浸透させることと両方が必要なのかなっていうのは感じています。

(白旗)そうですね。はい、今のご意見、コメントに対していかがでしょうか。

(八木)八木ですがよろしいでしょうか？私も土木の世界のデータベースの状況はよくわからないのですが、土木の方にはよくご存知の方もいるとも思いますが、お医者さんの場合は、結構やはり、MRI とか CT などのデータがそうかと思いますが、そのカルテの情報も電子化されているのではないかと思います。

個人的な話ですが、私も毎年同じところに人間ドックに行きますが、三年四年行くと過去のデータとも比較をしながらいろいろ評価を新たにしてくれるように思います。また別の科に行った時には、自分のデータが画面上に出てたりというようなこともありますので共通のプラットフォームにデータを入れていく、それは先端の技術だけではなくいろんな情報を入れていくということだと思います。それはすごく重要だと思いますが、それと同じようなことを地方自治体の橋梁などでも行われてきているのでしょうか。あの共通共通化というかどこか一つの同じ場所に入れて見えるようにするとか、そういう動きはあるのでしょうか？

(増)自治体の中でも、法定点検ではあくまでさっき示したような様式でしか示してないので、最終的には診断レベルとして一から四をつければよいわけです。データ各自治体に任されている面もありますが、すごく進んでる自治体もおっしゃる通りあって、システムを取り入れてタブレット使うなどして、データを取っています。業者の委託なり、自らでも点検する自治体もある一方で、なかなかそういった取り組みもできずにデータベースすらもできてないというような自治体もあります。

全国の共通のデータベースを作って、今年度からデータ標準というのを作っていったら、データを得ていくと始めたところではあります。さらにそれをどううまくこう、本当に措置に有効につなげていけるか、というのは、これからだと思っています。そのデータをいかに生かしていけるかな？っていうところは、これから必要になってくるとしています。

(白旗)ありがとうございます。参加者の方からご質問が来ましたのでこちらに行かせていただきます。どうもご質問ありがとうございます。長澤様に質問です。

橋梁管理業務のデジタル化のアンケート結果で実施していないのは 31%ということでしたが、これらの自治体では PDF やエクセルも使わずに紙で管理をしていることですか？という質問です。

(長澤)先ほどのものは速報のアンケート結果なので、値自体はそのまま結果をお示ししていてそのまま出したものです。あの個人によってちょっと解釈が違うかもしれません。ですので、データをこう読み解く方がですね。ある人はこう思っていて、またある人はこう思ってるっていうふうに思って判断していただきたいと思います。なので言い訳のようなところもありますが、だからある人は自分で PDF を使っている。けれども部署としてはやってないっていうので、やってないって答えた人もいます。

PDF で保存しているけれど、ルールが例えば五年保存十年保存というルールがあるから紙などもあるけれど、もちろん PDF でもやっていますという、おそらくその統一は、取れていないのが実情です。アンケートの質問事項に対する答えが回答者の解釈にも依存しているということも勘案して、こうでしたということにさせていただけると、実態に近いかなと思います。ちょっと不正確で申し訳ないんですけども、まあそれが実情です。

(白旗)ありがとうございます。よろしいでしょうか？おそらくまたアンケートの第二弾第三弾あるかと思っていますので、その時に改善して、あのいろいろご報告いただければと思います。また、いろいろ面白いデータが得られるのではないかなと思います。

(増)場合によっては、そもそものベースとなる図面さえもまともに整理してないところも少し見受けられたりしたところ。図面の管理は基本だとは思いますが、いろいろな点検データを取る前にそもそも構造というのはそこからまず残していくところとかも結構、基本的なところだと思います。

(長澤)(アンケートの解釈が)奥が深くて、この時間内にあの全然話し切ることではないので、ぜひ、続きがあるといいと思います。デジタル化の悪評といいますか、ある自治体であったのですが、図面をデジタル化したら解像度が落ちてしまったことがありました。紙の図面を捨ててしまったのですが、図面を拡大

しても全然わからないといった例があって、おそらく時代はもう少し前ですが、そのようなこともあって、デジタル化も難しいところがあります。余談かもしれませんが。

(白旗)ありがとうございます。確かに、デジタル化ではそういったこともあるのかもしれませんが。

確かに先ほどのアンケートでも確かに BIM/CIM があったと思いますがそういう 3D モデルというか図面というのか、そういうものがないと、点検で活用できないといえますか、溶接部分、例えばそういう形状の確認において必要だということだと思います。他にいかがでしょうか。

(増)自治体の人ときちんと連携するべきだっていうおっしゃる通りだと。今回の定期点検を変えて3巡目に変えて、工学的評価はややもすると難しそうだっていう声もありました。全国、国交省の各地方整備局の、説明会に、本省や国総研の人もいて、実際に橋を目の前にして、こういうように点検するんですよというところで自治体の方も集まっていただきました。やっぱり直接そういったことはデジタルと言いながら少しアナログ的ですが、そういったことは直接話をしたり、実際にものを見たりして、理解が深まるのではないかと思います。

我々も県ごとに道路メンテナンス会議ということもやっているのですが、こういった制度改正とか、新技術の使い方もうまく広めたりもしています。ですが、まだ不十分なところがあるのかなと思います。あとメンテナンス国民会議も道路に限らずいろいろな活動があるので、新しい技術をしっかりと普及させて効果を出していくというところの取り組みが引き続き必要なのではないかと、思いました。

(白旗)ありがとうございます。そうですね。長澤さんからは、そのような情報を地方自治体の人に教えてあげるといえますか、具体的な取り組みをやっていることを教えていただけるとパイプになるのかと思いました。

質問が来ました。どうもありがとうございます。読ませていただきます。中畑先生に質問です。今回の討論にて AI の活用が何度か出てきたと思います。AI の活用が済んでも人間が判断するところ AI に任せられるところがあると思います。その住み分けが難しいかと思いますが、現時点の展望がありましたら教えてください、という質問です。

(中畑)AI に関する非破壊検査の発表っていうのも先ほどお話しした WCNDT でもありました。

国内の非破壊検査の会議 NDE 4.0 シンポジウムがありますが、希望も含めて言えば AI に全て評価まで判断までやってもらうというのが最終的なところではあります。ですが、実際はそこまではできてなくて、とりあえずはあのスクリーニングの段階で AI を活用しようっていうのが今とどまっているところだと思います。

先ほど見落としをしてはいけないという話を土橋さんの方から出てきましたが、そのあたりで、やっぱり AI を今踏みとどまって使おうとしてるかなっていうのが発表の数としては、そこが多いと思います。だから、最終的には AI が自律的に判断をしていってというのはまだまだです。

今はとりあえずスクリーニングの段階で AI を活用して、つまりは作業を効率化することを目指して、今後も活用されていくという形です。今のところ、AI に関する規制、ルールなどもないので、各社、例えばプラントメーカー、鉄鋼メーカーは各社オリジナルな AI を使って今模索している段階だと思います。

学会発表を聞いていても 9 割以上検出率があるという報告も出てきているようですので、将来的には非常に明るい技術とも思っています。このあたりのルール化みたいなものももしかしたら今後にも必要になってくるのかという気はしています。

(白旗)AI ですね。ご質問どうもありがとうございました。AI の活用という言葉で出てきましたけれどもこれも今流行りというかキーワードになってくるのかなと思います。

データをオープン化とかすることによって、いろんなデータが出回ることによって教師データというのか、そういうものが増えて、確かに AI には学習には良くなるということがあると思います。AI の活用は(データのオープン化とも関連して)中畑さんとしては望んでるというか、何かあったらそのあたりもお話いただければと思います。

(中畑)そうですね。AI をこれからどんどん活用していこうかなと思った時に、やはりそのお手本というか教師データが必要になってくるわけで今はもう本当に自分のところで得られるデータだけで教習データを作っているの、他に影響したデータがないのでシミュレーションを活用しようとかっていう動きもある中で、やはりその先ほど八木さんがおっしゃったように、もう膨大な非破壊検査のデータがあるので、それをいかに皆さんに使っていただくかっていうのはポイントではないかと思います。

例えばプラントだったり、自動車もそうですがいわゆる検査で利潤を追求するような会社がなかなかデータのオープン化が難しいのだと思います。せっかく国交省の方もいらっしゃる機会なのでインフラの検査データというのはある意味オープンにしやすいのかなっていうふうに非常に思っています。データのオープン化がまだどの国を見ても始めてないので今、日本の主導でそのオープンデータ化に取り組めたらいいと思います。私個人としては非常にあの期待しているところです。で、ただ、なかなかそのようなことを議論する場がないのでせっかくこういうパネルディスカッションが立ち上がってますので、ぜひ継続して(議論して)いけたらなというふうに思っているところです。

(増)ぜひよろしくお願いします。

(中畑)ありがとうございます。一個だけ付け加えると、あの、やっぱり経産省の方でプラントメーカーなどで、オープンデータ化の話をやっぱり持っていてもやっぱりプラントメーカー企業としてはメリットがないって言うように言います。データを出すメリットがない、ということで、そこでいつも弾かれています。

それならばどうしたらいいですか、ということをよくその企業の方と議論したりするんですけども、やはり国から、上から下に言ってくれたら出しますという声を聞くところもあります。出すにしてもいろんなところを消さないといけないそうです。例えば、少なくともどこで取ったデータとか、あの重要な検査会社の名前というものは出さない。不記載とするのですがそうじゃなくて、例えば本当にこの隅角部の何センチ離れたところで取ったデータというだけでも非常に AI には使えるし、いろいろ分野で使っていけると思うので、出し方の問題だと思っています。そのあたりの議論も、実はしてほしいというふうには思います。

(白旗)そうですけど、増さんに振られたような感じになってしまうのかもしれませんが、オープンにしてくださいというお願いになります。

(増)人が減ってくる中で、担い手がどんどん減ってくる中でやっぱりストックの中で AI はすごく我々も期待してて、おっしゃるように、どこまでできるかに期待しています。まだ登場したばかりでもあるのですが、やっぱり人が判断するところでも、ぶれがちなところもありますし、人によって変わったりするところもあり、結構多くのデータで冷静に判断できますので、AI はデータの中からこうだと決めていくような技術で、最終的には人が決めるにしても、支援になり得ます。

有効になり得るというように考えているところなので、そのためにも xRoad というプラットフォームの中でデータは出始めたんですが、おっしゃるように教師データとしてうまく価値あるデータにしていこうということが今後必要なのではないかと思います。

あとデータベース API で、全部のデータをオープンに、無償の部分と有償の部分はあるかもしれませんが、外にも出しています。一部はその研究をさせていただいている方もいらっしゃいます。そのあたりでうまく AI を点検への支援という形でまずは使えるように期待しているところです。

必要な点検結果、全部本当に出すという踏み切ったことも我々としても、あの思い切ったところもあって、各道路管理者が損傷しているっていうのを外に出していいのかと思うところもあったのですが、それまず出したというところになっているので、新しい技術で、インフラの有効な活用につなぎたいという思いがあります。

(白旗)どうもありがとうございます。中畑さんと増さんの今のお話で、国交省もあの何年かけてオープンしていくという流れであるということで期待していいのではないのかと思いました。そろそろ終わりに近づいてきましたけども、他にいかがでしょうか。

(土橋)AI の活用の仕方についてですが、今どちらかというと、点検結果の評価のところでは使われようとしています。これも非常に重要なことですが、ちょっと鋼橋ではないのですが、地盤の空洞を探す電磁波レーダー使うものとか、多分コンクリートでも電磁波レーダーを使って、コンクリート内の空洞については、これまでは専門の方が判断してたところをある程度、その結果を AI で評価するということで、かなり精度も上げられているって話もあるようです。

あとその点検結果を AI で評価するのも一つのソリューションなんですけど、例えば過去の損傷があって、それをどう対応したいかの時点で措置を施したっていう結果があったとして、ある損傷が見つかった時に、(損傷は)画像なのですが、画像を使って同じような類似同種の損傷を見つけて、それをならば、どうしたらいいの？と悩んでる方にとってみれば、いやこのくらいの損傷ならまだ今すぐ手を加える必要ない、このくらいだったら、あるいはこれをやった方がいい。それからあと何をすればいいの？ということで、こういう措置をすればいいですよっていうところについては、AI は過去のデータがアレイば得意な分野なので、点検結果の評価もありますけども、その最終的には、その結果、措置をして、あのインフラを安全に守っていくわけですから、その措置の部分まで含めて AI を活用するっていうのも一つの方法ではないのかなと思います。

(白旗)はい、どうもありがとうございます。なかなか難しいというか、すごい高度な話になった感じがします。生成 AI を使っていくという話にもつながると思います。過去の情報から学ぶという AI なのかなと思います。そろそろ終わりの時間が近づいてきておりますけれども、表ができましたでしょうか。そうでしたらお見せいただけますでしょうか？

今日出てきた議論でキーワードでまとめていただきましてこのような形でこのようなコメントが出てきました。

初めに趣旨説明を行いました。2 番目として NDE 4.0 の国内外の動向ということで、中畑さんからの話題提供でした。3 番目として 八木さんからの最新技術の話題提供がありました。4 番目が土橋さんの首都高の事例でした。5 番目が長澤さんの地方の事例、6 番目が国交省の事例ということになります。

後でまたあの、報告書等を作りたいとは思いますが、このようなことなども盛り込んで、あの今日いただいたあのご質問等もいただいて後々ほどこの非破壊の小委員会で報告書にまとめたいと思います。そちらの方もお知らせしたいと思いますのでご期待いただければと思います。

今日は、DX の取り組み、推進ということで、話をさせていただきました。地方の話から、例えば首都高の話や国の旗振りにまで話が及びました。例えばデータオープン先進の初めの国になるとか、いろんな方向へと話が出ました。なかなかまとめにくいところもあるのかなという気はいたしましたけれども、DX 化をして効率を上げていこうということ自体はあの皆様共通の認識なのか、と思いました。

会の後半では地方でできる、取り組める方法であったり、先ほど、地方整備局からいろいろ講習するという情報も出ました。首都高でも講習をやっているのかなとは私も伺っております。学の方でも、例えば先ほど八木さんに見せていただいたアレイ探傷器などを使って検査の精度を上げるという研究等も進んでいるのかと思います。

産官学それぞれで DX を取り入れて効率化していくというようなことを考えるきっかけになったらいいのかと思います。またアンケートが出てきた結果があるようでしたら、こういう機会があるようなのでアレイば、また報告させていただける機会があるとよいと思います。

本日はどうもありがとうございました以上で終わりとさせていただきます。



図-4.6 討論会の様子(オンライン)