リレー橋友録　私の橋歴書

〈1136〉

魅力的な人

昭和コンクリート工業株式会社
技術工事本部 PC技術部 PC技術二課 課長　櫻井　義之

私は大学時代に、生涯忘れられない教授に出会いました。教授の専門は、構造力学・連続体力学で、オイラーの梁理論やコーシーの応力公式といった難解な問題を、小学生でもわかるように丁寧に説明してくれました。どんな力学もすべて数学の微分積分や行列から証明するという一風変わった講義でしたが、非常にわかりやすいことです。数学の公式を積み上げて、梁のたわみを算出するまでの過程を根本的に理解することができました。このときに学んだことは、自分にとっての一生の宝物となっています。

近年、橋の設計はパソコンに形状や材料定数の数値を入力すれば○か×の結果が画面に表示されます。その計算過程をすべて理解することはむつかしいですが、極力、自分の頭で考えるようにしたいと思っています。教授は卒業にあたって次の言葉をくれました。「土木構造物を完成させる上で必要なものは、MissionとPassionである」。今も使命感はありますが、最近、情熱がなくなってきているため、今一度、教授の言葉を思い出して、情熱をもって橋の仕事に取り組みたいと思います。

大学を卒業後、PC橋の施工を行う昭和コンクリート工業に就職して22年が経過しました。主な仕事内容はPC橋の設計で、ときおり現場で施工管理も行ってきました。

就職して最初に着任した工事現場は、第二名神高速道路の三重県亀山市の錐ヶ瀧橋のPC上部工の工事でした。PC橋としては一般的な張出し工法の箱桁です。この現場で2年弱働きましたが、非常に魅力的な人と出会うことができました。協力会社の職長さんです。北海道出身で色白の彼は、外見もかなりの美形ではありましたが、それ以上に、心意気が男前で、周りを惹きつけて人望が厚い人でした。さながら古代中国の戦国七雄の一国、趙で活躍した藺相如といったところでしょうか。生コン打設時は50人を超えるさまざまな業種の作業員さんたちを一つにまとめて上げていました。

結局のところ、彼ができると言えば、その橋は完成するし、彼ができないといえば、橋は完成しないといった感じでした。こういったカリスマ性をもった人が大きな橋梁を完成させる上では必要不可欠なのだと思います。そして、その後も様々な現場に行きましたが、規模の大小の差こそあれ、橋梁の工事現場では、必ずこうした人間と出会うことになりました。

最近は、現場に出ることも少なくなり、ビルの中で設計業務に励んでいますが、ときどきPC建協の活動や研究会などに参加して、外の空気を吸っています。ここでもまた、多くの魅力的な人たちとの出会いがあります。仕事で困ったときには、そこで知り合った皆さんにお願いして、最近の特殊なPC橋の情報や設計方法などを教えてもらったりしています。こういった交流をしているときが、とても楽しいです。これからも多くの人との出会いを楽しみに仕事を続けていきたいと思います。

それでは、日ごろからお世話になっています安部日鋼工業の國富康志さんへバトンをお渡しします。

SIP第3期
インフラ領域
サブ課題B

新しい仕組みや制度を開発し社会実装へ

ゼロベースから技術をパッケージ化

SIP第3期インフラ領域
サブ課題B研究開発責任者
東京大学　教授
石田　哲也氏

SIP（エスアイピー）第3期は昨年11月17日にキックオフし、本格始動している。SIP第3期インフラ領域（久田真PD）において、サブ課題B研究開発責任者の東京大学・石田哲也教授に、同課題の概要や目標、研究体制などのほか、新技術として今後注目される3Dプリンティング技術や、バサルトFRPなどについて話を聞いた。

（本間俊行）

サブ課題Bの概要

——サブ課題Bの概要からお願いします

石田教授　SIP第3期「スマートインフラマネジメントシステムの構築」では、A～Eまで5つのサブ課題があり、私はサブ課題Bの「先進的なインフラメンテナンスサイクルの構築」を担当しています。

昨今、年を追うごとに高齢者が増え、若者が減っていくという構図は皆さんご存知ですが、特に、全産業に比べて建設業の高齢化が著しく進行し、かつ若者が入職していない状況は相当に問題があると考えています。

そこで、まずはこのインフラ・建設産業に優秀な若い人材ができるだけ多く入って欲しいという強い想いがあります。

後ほど詳しく説明しますが、3Dプリンターのような新しい技術が出てくると、若い人たちがどんどん入ってきて、実はいま割と活性化してきています。しかも、土木分野以外の人たちが3Dプリンターに着目して入ってきていますので、これが一つの良いモデルケースになると思っています。

喫緊の課題は、これから10年後には現在の職人たちがいなくなるからどうしよう、ということですが、その課題を解決することと同時に、若い人たちをいかに増やすのかということが最も重要ですので、それらの課題解決のために取り組んでいきたいと考えています。

SIP第1期やPRISMで技術開発の芽のようなものが出てきて、要素技術も開発されましたが、実際にはそれらが十分に使われていません。それはなぜかというと、今までである仕組みに新しい技術を当てはめたり、一部を置き換えただけでは、結局面倒くさいとか、結果的にコスト高となるなど、新しい技術として良いところもありますが、そのパフォーマンスはフルに発揮されません。

そのため、制度や仕組みも一緒にゼロベースから考え直す必要があり、SIP第3期では技術をパッケージ化して、かつ制度や仕組みについてもテコ入れが必要であると考えています。

先進的技術をカスタマイズ

今より少しでも良く

——インフラメンテナンスの目指す姿について

石田　サブ課題Bでは「SIP3C」をスローガンに掲げています。3Cは、創造的で（Creative）、カッコイイ（Cool）、挑戦的に（Challenging）です。

デジタル技術を使って仕事の質を変える、これこそがまさにDXですが、デジタル技術により仕事の質を変えて、インフラ技術者の働き方をより創造的でカッコよく、挑戦的な業界にしたい。そして新しい人たちがワクワクする気持ちで入ってくるような業界となり、その結果、誰一人取り残さない社会を実現したいと考えています。

——サブ課題Bの全体目標について

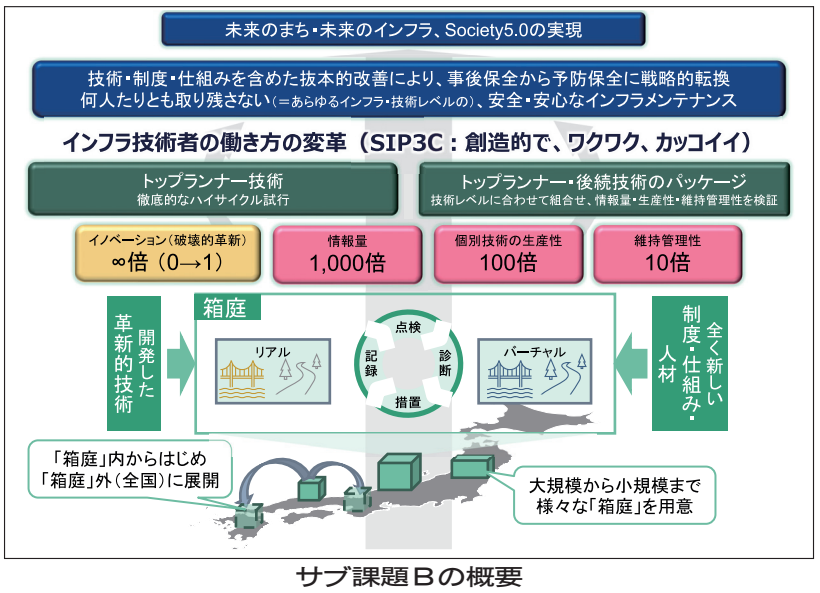
石田　SIPはインフラだけでなく、エレクトロニクスなどいろいろな業界が絡んでいるため、どのようなことを目指すのかを数値で示す必要があり、サブ課題Bでは0から1と、1000、100、10のスローガンを掲げています。

0から1は、これまで無かったもの、あるいはできなかったことから新しいことを実現する、というイノベーションです。見えなかったものを見えるようにする、これまでとはまったく違ったやり方で作るなど、0から1を生み出す考え方です。

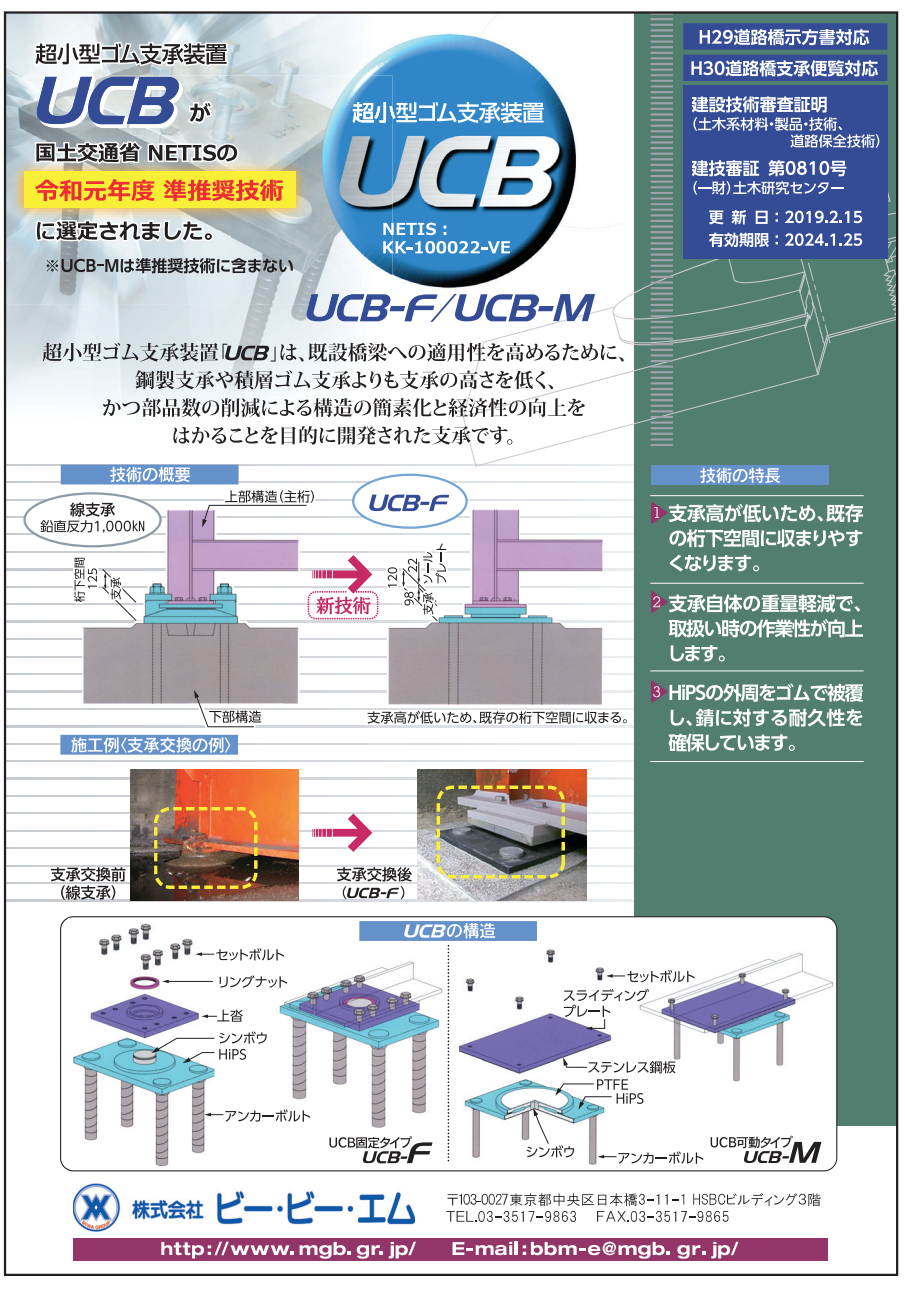
また、1000、100、10は指数的な革新をもたらしたいという考え方です。デジタル技術を使うことにより、これまでやってきたような打音検査や目視による検査などと比べると圧倒的に情報量が増えます。例えば、ひび割れの有無だけでなく、様々な変状データを詳細に取得することができたり、時間的にも、数年おきではなく、もっと高い頻度でできたりする可能性があるため、活用可能な情報量を1000倍としています。

生産性を100倍では、人工を100分の1に、また維持管理性を10倍にすることで、LCC（ライフサイクルコスト）を10分の1にします。

ただし、数字を追い求めることが常に必要とは限りませんので、例えば地方の市区町村などでは、先進的な技術をうまくカスタマイズし、パッケージ化して今より少しでも良くなることを目指していきます。



サブ課題Bの概要



橋梁だけの落札結果「橋梁table-data」（設計・保全工事・新設下部工・新設上部工）

箱庭ハイサイクルを推進

過去を断絶し大胆に見直し

――目標を実現するための2つの柱について

石田　1つ目は「箱庭ハイサイクル」です。新しい技術を開発しても、これまでの設計のやり方やこれまでの点検のやり方に対して、一部を置き換えただけでは結局コスト高となり、便利になりません。そこで、過去のものを一気に、かつ大胆に見直し、やり方を全面的に変える、従来のやり方から断絶する、そのような時間的な断絶として、特定のモデル地域を設定し、その中では過去のしがらみを捨ててゼロベースとなるものを「箱庭」と定義しています。

箱庭は、モデル地域ではあるものの、人がいない、あるいはお金がないなどの課題を縮図として、箱庭の中であれば安心してチャレンジし、もし失敗してもその箱庭の中で閉じるようにする、つまり空間的断絶により大胆なチャレンジができるというアイディアです。

またハイサイクルは、仮説を立てて実際にやってみて、良かったのか悪かったのかを検証し、悪かったらすぐに改善します。ただし、橋梁やトンネルなどのインフラ構造物は非常に長く使うものですので、例えば補修技術でも結果が出るまで10年くらいかかることがあります。そこで、数値解析やAIなどのデジタル技術を活用し、できるだけ時間軸を早めようとすることがハイサイクルという考え方です。

――もう1つの柱は

石田　技術レベルを「スーパー松・松・竹・梅」に分類し、きめ細やかな技術パッケージとして開発します。国やNEXCOなど非常にハードに使われるものは高度な技術を適用し、人もお金も必要なスーパー松（高精細）と定義します。その次の松（精細）、竹（一般）、梅（簡易）というように、さまざまなニーズに対応できる技術パッケージの開発を目指します。

ただし、箱庭は実証フィールドであり、やがて箱庭から飛び出し、最終的には全国津々浦々に展開していくことを前提としています。

――サブ課題Bの開発対象について

石田　今回のSIPは多くの関係者に参画いただいておりますが、リーディング分野である道路の考え方により、国家レベル・トップランナー技術から、簡易点検チェックシートで住民の方々の関心を起こし、彼らの日常生活に点検業務を取り入れてもらう「梅」レベルまで、さまざまなレベルのインフラ、インフラ管理者に合わせた技術パッケージを開発します。

サイバーフィジカル連携

最適なシナリオあぶりだし

――ハイサイクルについて詳しく

石田　サブ課題Bの研究開発テーマは、b―1（診断）、b―2（点検）、b―3（補修）の3つがあります。これらは個別に開発を進めますが、点検、診断、措置、記録、これらの行為をきちんとつなぐことが重要で、それらのサイクルをまわすことが中心的な課題となります。

点検は5年に1回、寿命は100年くらいで、適用した措置が実証されるまでには非常に時間がかかるため、フィジカル（現実）空間上では、実際のメンテナンスサイクルは100年単位となります。しかし、これをバーチャル空間上で速くまわすことによって、ハイサイクルができないか、ということを考え、われわれの研究室では点検データからいろいろなコンクリート構造物の劣化状況や、その状態をシミュレーションで評価します。

妙高大橋のPC鋼材の破断は代表的な例ですが、傷んだ鋼材など、P1C橋としてどれくらいの耐力があるのかを診断します。そうするとFEM解析などで現実をかなり忠実に再現したシミュレーションができるようになります。しかし、診断だけで終わるのではなく、例えば耐荷力が20％下がっている場合、30年後にはかなり危険な状態となることが予測されるため、いろいろなシナリオをシミュレーションによって検証を行います。

例えばRC床版の場合、コンクリートの増厚や防水工、電気防食の適用、鋼板接着、ストリンガーによる縦桁の増設など、いろいろな補修・補強が考えられますが、それら様々なシナリオをシミュレーションし、どの工法が余寿命にとって最も効果的なのかを計算機上で検討します。

それにより、例えばプランAはプランBよりもコストがかかるが、のちのちの余寿命を考えると100年長持ちするなど、バーチャル空間上で机上検討することができます。そして最適なシナリオをあぶりだし、フィジカルに適用するというものが、われわれが考えるサイバーフィジカル連携です。もちろん、これはスーパー松の技術となります。

――サブ課題Bの研究体制について

石田　研究開発責任者は私ですが、日本大学・教授の岩城一郎先生が社会実装責任者として、ツートップ体制を組んでいます。そして、大学や教育機関、研究開発法人、民間企業など37者の共同研究開発機関、さらに国や地方自治体、インフラ管理者、民間企業など100者以上の協力機関など、産官学が連携したオールジャパンでの体制・布陣を構築しています。

国やインフラ管理者を巻き込み、技術開発と制度・仕組みを検討し、社会実装を加速させます。

――サブ課題Bの研究開発をテーマ別に

石田　b―1（診断）は、b―1①がコンクリート、b―1②が社会的影響、b―2（点検）は、b―2①がモニタリング、b―2②が非破壊、b―3（補修）は、b―3①が3DCP、b―3②が材料・工法です。

それぞれ、今後のことも見据えて若い先生にテーマリーダーを務めていただきます。

3Dプリンティング技術

耐震補強など活用拡大目指す

――3Dプリンティング技術について

石田　研究開発テーマb―3は、補修・補強技術の高度化ですが、傷んでいるものを3Dプリンターで補修することは非常に難しいため、改築や更新の際に一部3Dプリンターを使うイメージです。土木学会でも指針策定に向けた検討が進んでいますが、3Dプリンターの埋設型枠利用を念頭に置いて研究しています。

具体的には、まず3Dプリンターで型枠を作り、その中に鉄筋を入れます。その後、自己充填コンクリートをその中に流し込み、従来の鉄筋に代わる非腐食性や高耐久補強材を使い、飛躍的に耐久性を向上させたいと考えています。

3Dプリンターについては現在、土佐国道事務所が進める安芸道路の整備で、重要構造物としては国内で初めて橋梁下部工（埋設型枠）に使用されています。今後は橋脚の巻き立てなど、耐震補強の分野でも活用したいと考えています。

――バサルトFRPについて

石田　バサルトFRPは、玄武岩の連続繊維を熱可塑性の樹脂で固めているものです。非常に軽量なため現場のハンドリングが容易となり、破断強度が鉄筋の降伏強度の3倍程度に向上します。鋼材のような腐食を生じないことから、塩害を受ける可能性のある構造物に積極的に適用することができないかということを検証しています。技術開発を精力的に行っており、鉄筋の代替材となるよう太径化を進めています。またカーボン繊維と比較してコストは圧倒的に安価となります。

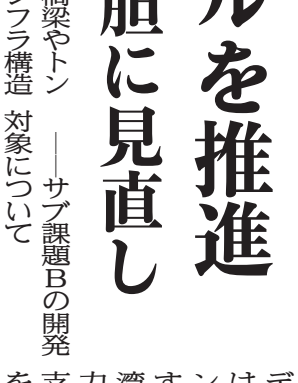
現在、土木学会の3Dプリンター研究委員会とパラレルでSIPに取り組んでいますが、SIPはスタートアップ企業の参画を歓迎しています。例えば、Polyuseには尽力いただいているため、大変心強く感じているところです。

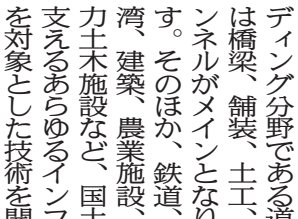
――今後の抱負を

石田　冒頭でも申し上げましたが、優秀な若い人たちが自分自身の将来を託すに足る魅力的な仕事に質を変えていく必要があります。デジタル技術の凄まじい進歩により、私たちの生活も10年前と比べると大きく変わっています。そのようなスピード感で、インフラメンテナンスをレベルアップする技術を、新しい仕組みや制度の導入と合わせて、社会実装していきたいと考えています。

そのためには、産官学がタッグを組んで挑戦することが必要です。やってみて、うまく行かなかったら速やかに改良・改善して次に繋げる。そういったサイクルをぐるぐる回すことで、安全なインフラが実現され、誰もが安心して暮らせる社会の実現につながることを目指していければと思っています。

――ありがとうございました

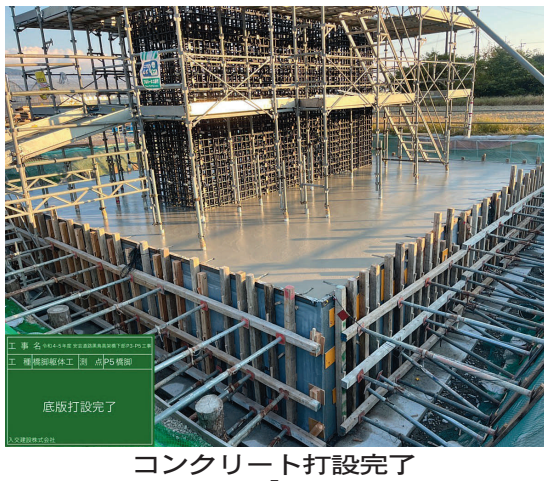




開発中のバサルトFRP

〈3Dプリンティング技術〉

型枠組立



コンクリート打設完了

フーチング完成