

「非開削技術Dr.の集い」



場 所：(社)日本下水道管渠推進技術協会会議室

出席者：酒井 栄治 2005年3月Dr.取得（九州大学）(株)アルファシビルエンジニアリング開発本部長

須藤 佳一 2004年3月Dr.取得（三重大学）アイレック技建(株)取締役開発部長

四本 純一 2005年4月Dr.取得（九州大学）(株)協和エクシオ土木営業本部長

李 黎明 1996年3月Dr.取得（大阪市立大学）日本工営(株)中央研究所総合技術開発部地盤・材料グループリーダー

司 会：石川 和秀 JSTT・日本非開削技術協会副会長

石川：今日は、非開削技術Dr.のみなさま、ご多用のところお集まりいただきありがとうございます。私は司会を勤めさせていただきますJSTTの石川です。よろしくをお願いします。

非開削技術は、経験論に基づくものを中心になっているため、学術的に確立されにくいと一般的には思われているようですが、今日は、その難しいとされている非開削技術をテーマに取り組み、Dr.を取得された方々にお集まりいただきました。

それでは、早速ですが、非開削技術の魅力とみなさまの研究開発の現状、将来的な夢などについて、非開削技術の研究に挑む若い技術者へのエールになるようなお話を聞かせていただきたいと思います。

まずは、Dr.を目指したきっかけを簡単にご紹介いただきながら自己紹介をお願いします。

推進工法は立派な小口径トンネル工法である

酒井：アルファシビルエンジニアリングの酒井です。会社では経営者という立場なのですが、机に座っているよりは、開発や工事のほうが性に合っています。会社は実際の推進工事や特殊な掘進機の製作および都市トンネルの対策工などを行っています。

No-Dig2000 パース（オーストラリア）に参加したとき、現地で当時留学中だった九州大学の島田先生に出会いました。そのときに私の研究発表を聞いていただき、先生の下で社会人ドクターを受験してみないか

とのお誘いを受けました。帰国後、日常の多忙にかまけ、そのことはすっかり忘れておりました。それから1年後ぐらいにたったある日、「Dr.を目指す気はありますか?」と再度、お誘いをいただき今に至っています。

以前から推進工法は立派な小口径トンネル工法であると考えており、そのトンネル工法を工学的な立場から検証したいと考えておりました。それを具現化できる良い機会だと思いました。

四本：協和エクシオの四本です。

数年前までは推進工事現場で技術を担当しておりましたが現在は営業をしております。営業で九州を歩いているときに、ここに同席されている酒井さんと知り合い、その酒井さんが九州大学の島田先生のもとでDr.を目指していると聞いて、便乗しました。

私の会社は、通信設備のインフラ整備の仕事をする会社で、会社全体から見ると下水道など土木事業の取り扱いが少ない会社です。社内に土木事業と非開削技術を確固たる地位を築くには、非開削技術というテーマでの土木に関するDr.という資格があれば有効なのではないだろうかと考えました。また、非開削技術の研究を自分が続けられなくなっても、後輩の誰かが同じ非開削というテーマで研究を続けて欲しいという思いがありました。

須藤：アイレック技建の須藤です。最初の職場が研究所であったため、まわりの人たちがみんなDr.を目指す人たちばかりの環境でした。そんな中で天邪鬼

な私は、みんながDr.を取得するなら私はとらなくてもいいだろうと思っておりました。その後、周りの後輩たちがどんどんDr.を取得する中、現在の職場になり、これでもうDr.を目指さなくてもいいだろう。と思っていた矢先、先輩の方々から、非開削探査技術で絶対にDr.を取得しなさい。説得されてDr.を再度目指すことにいたしました。

Dr.は現在、自分のコンサルティング仕事のベース

李：日本工営の李黎明です。私の場合は、Dr.というのは学業の延長線上の学位でしたので、きっかけと言うよりは、良い職につくための手段でした。皆様のように仕事の延長線上にDr.という目標を見つけ目指したわけではありませんでしたので、社会人になってからDr.取得にチャレンジしたみなさんを本当に尊敬いたします。仕事と学業の両立がどれだけ大変なことか、これから皆さんからお話が出てくると思いますが私は本当に大変なことと理解しています。

私の会社は総合建設コンサルタントですが、博士課程時代の研究テーマはたわみ性埋設管の常時および地震時の変形挙動、土圧を遠心載荷模型により実証する研究内容でしたので、大学で研究した内容はすぐに実際の仕事に結びつくようなものではありませんでした。どちらかと言うとDr.を取得するまでの研究過程を経て、身に付けた物事の考え方、現象の捉え方、研究の取り組み方、実験・分析結果の見方などが現在のコンサルティング仕事に生かされていると思います。

石川：はい、ありがとうございました。4人それぞれ、Dr.を目指すきっかけというのは実に様々ですが、いずれにしてもDr.取得という人生の好機を得たのかなと感じました。



石川氏

それでは次にご自分の研究成果などを紹介していただきましょう。

李：わたしはDr.を取得してから10年も経過していますので、この座談会の依頼があってから当時の古い記憶を呼び覚ましそのころの研究に対する情熱を思いかえしてまいりました。

研究テーマは「遠心模型によるたわみ性埋設管に働く土圧と変形に関する実験的研究」でした。

土圧や地震荷重によるたわみ性埋設管の変形挙動を遠心載荷模型実験より再現し、様々な埋設条件における設計手法を検証するための基礎データを蓄積しました。実験結果を基に、それぞれの設計手法の方向性について取りまとめました。地震時の話に関しては、10年まえに大阪に住んでいたため阪神淡路大震災を経験したこともこのテーマを取り上げたきっかけでした。

取り上げたそれぞれの研究テーマは、実際に発生している埋設管の破損例をベースにしました。遠心載荷模型による実証実験を重ね、たわみ性埋設管の現行設計法の問題点を確認することができました。

管更生工法に使われているライナーなどについてもたわみ性埋設管の範疇になりますので、このような非開削工法分野においても、自分の研究成果を生かして、設計手法を考えていくことが我々コンサルタントとしての役目だと思っております。

テールボイドの保持という課題を残している

四本：私の研究のテーマは「泥水式推進工法における大口徑推進管の施設に関する研究」でした。

呼び径φ3000、延長800mの大口徑推進工場の現場があり、今まで我々の経験値でしかなかったものを実証するチャンスではないかと思い、施主の了解のもと沈下計、土圧計など各種計測器を設置しました。

結果は、今までの経験上の範囲内の数値が測定され数値的には今までの常識的理論を実証することができました。ただ、テールボイドについては実際にカメラでの映像から、今回使用した大量の滑材がまったく残っていなかったことがわかり、滑材を再検討しなければならないという結果を得ることが出来ました。

この現場から得た実証実験をもとに論文を書き上げていこうとしたのですが、施工報告など雑誌の原稿などは書いたことが、論文としての文章の書き方も分らず、それに本業の仕事もあり論文を纏め上げるための時間の確保にたいへん苦勞しました。

それをクリアしてのDr.を取得なのでうれしいというより、まだ時間がたっていないので実感が湧いてきません。

ただ、Dr.を取得したからといってもテールボイドの保持という課題を残しましたので、これからも研究は継続していかなければならないという新たな意欲が湧いてまいりました。

酒井：私の研究のテーマは「泥濃式推進工法におけるテールボイドの実態と地下空間構築工法への適用に関

する研究」です。現在、推進工法におけるテールボイドという概念が、多少定着したような気がしますが、昭和60年ごろ、シールド工法では、テールボイドは地盤沈下を誘発する第一の原因であるとの見識から、推進工法ではテールボイドを形成させないほうが良いという時代がありました。現在では、カーブ推進や長距離推進が増加しており、テールボイドの必要性が認識されだし、テールボイドをどのように安定させるかという施工技術に関心が移ってきたと思います。

ただ、テールボイドを目視するという事は非常に難しく、スムーズな推進工事であればあるほど何も無かったかの様に現場も終わってしまい、テールボイドの実態を確認することが難しいというのが現状です。



Dr. 酒井

そこで実際に実物大での実証実験を行い、テールボイドの状況を目視観察し、地盤変状における二次元有限要素法解析との比較やその性状の確認をしました。そして自己の体験の中の過去20数年間の施工資料をさまざまな角度から分析し実態を評価しました。

実験は推進工事が中心ですから、通常の仕事の延長線上にあります。論文となるとの構成やテーマの関連性や一貫性および日本語文法に添った文章表現能力など、研究論文の書き方になれるまで結構苦労しました。また、論文の締切りが、こちらの都合に関係なく提出期限が切られてくることにより、その時間を作り出すことも大変でした。論文を書くだけではなく研究の方向性を見失わないためにも多くの先輩方の既往研究を行い、内容を確認し、先輩諸氏の考え方を知るという作業にも多くの時間を費やしました。

そのお陰で工事をただ完成させればよいというのではなく、工事をしながら一つ一つテーマを持って対応することで、注意深さが生まれ、プラスアルファを生み出せるような現場になるように指示を出す側も意識が変わりました。そのことで経験値を会社として共有し、各現場の状況をだれもが同一のステージで評価できるようにしていきたいと考えています。

今後、推進工法は下水道や管きよという言葉にとらわれず、地下空間をつくるトンネル工法という観点から新しい地下空間構築工法としての適用の拡大を図ってゆきたいと考えています。

胡散臭いと思われがちな非開削探査技術に市民権を・・・

須藤：私の研究テーマは「通信設備の非破壊検査、非開削探査の研究」ということですが、実は、学生時代から同じテーマの研究をしています。探査技術を簡単に言えば、センサーと情報処理をどのように組み合わせるのかということ。それに材料評価などの情報を付け加えて構造物の劣化診断ができないものかというのが非破壊検査です。

今でこそパソコンが日常的にありますが、私が研究を始めた頃は機械言語で組まれていないワンチップのマイコンが出始めた頃で、そのようなものを使いながらセンサーに付加価値を付け加え研究を続けてきました。

先ほど四本さんもおっしゃっていたことですが仕事をしながら論文を書く時間を捻出することに苦労しました。自宅に戻って論文を書き始め、明け方4時ごろまで書き、会社へ行って仕事をするという生活を約1年続けました。Dr.取得など考えていなかった頃の古い資料を整理検討するのに時間をロスしたこともあり時間づくりに苦労しました。それ以外にも英語が非常に苦手なのでその点でもたいへんでした。

実験用の装置を組み立てや結果の解析など一人でやるということが実はその作業が非常に楽しかった記憶があります。そんな中から見出した楽しみがあります。誰が見ても同じ探査した波形から埋設物の形を推定して形状を丸とか四角とかパイプだとか言い当てて、人の驚く顔を見てしばらく一人で喜んでいたのも楽しい思い出ですね。マジシャンというのはこういう気持ちなのかなと思います。

非破壊検査や非開削探査など今でこそテレビなどに登場しますが、まだ胡散臭い技術と思われ勝ちで、私たちの研究によって、そのようなイメージを改善していきたいと思います。

今後は、できないことを明確にして、できることの領域を少しずつ増やし非開削探査技術が市民権を得られるようにしていきたいです。

石川：それぞれの研究成果をお話いただきましたが、どれも崇高な研究であったことが理解できました。また、それに伴う苦労話も一緒にうかがいましたが、みなさん笑顔で苦労話をするのをみると、楽しい思い出になっているし、それが全部自分の実力に備わっているのだということが伝わってきました。

つづいて、現在から将来へと話しを変えたいと思います。それぞれの研究した非開削技術テーマが将来どうあるべきかなど将来像をお話いただきたいと思います。

推進工法は砂場に掘ったトンネルを貫通させる 達成感の延長線上の技術・・・

酒井：みなさんも子供のころに経験したと思いますが公園の砂場にトンネルを掘るとするのが非開削技術との最初の出会いだと思います。公園の砂場で遊んでいる子供を見たら必ずといて良いほど砂山を作りそこにトンネルを掘っているはずで。誰でもが、そういう意味では穴（孔）を掘ることに興味を持っていることが非開削技術の最大の魅力だと思います。

特に推進工法は子供のころに砂山に掘ったトンネルを貫通させるという達成感の延長線上にある技術であるということに面白さがあると言えるでしょう。

大きな力でものを造っていくのは当たり前で、小さな力でも同じものが出来るという技術に、非開削技術は進んで行って欲しいと思います。今後、そういう意味では岩盤という推進工法の大きなテーマがあります。過去に岩盤の研究をした方はたくさんいるのですが、岩盤掘進の方法の研究をした方々は以外に少ないのです。どうすればあの硬い岩盤を効率的に掘り進めるのか、将来的にその技術を確立していきたいと思っています。

また、これから来るであろう高齢化社会にむけて、環境にやさしいことは当たり前で、人間にもやさしい技術をつくりあげていきたいと思っています。

須藤：ものを造っていくときだけ非開削にしても、いざ、メンテナンスをする場合にそこに何かあるのかを開削で調べていたのでは意味がないと思います。調査・探査などの技術についても基本的には非開削で行うべき



Dr. 須藤

であると考えます。探査という立場から判断したときに探査だけが開削では問題ではなからうか思います。

今後の夢としては、まさにドラえものの道具のように空想的な夢とより現実的な夢と二分されてくるかと思っています。

空想的にはレントゲンやCTの写真のように地下が映し出され手に取るようにわかることが夢ですが現時点で考えてとても私たちが生きている間に実現できそうも無いとは思っています。ただ、6～70年前に作られたレーダですが、当時のものは船や飛行機などがやっと判別できるぐらいの精度であったものが現在では

数100m先に蚊が1匹飛んでいても検知できるほど精度があがっていますので地下写真というのも、そう遠い夢ということほどでも無いのかなあとも考えています。現実的なところでは地下数メートルを可視化または画像化ができるようにしたいですね。そのためには、装置やセンサーの開発ばかりではなく、探査できるものと出来ないものを明確化して出来るものをどんどん増やしていくことが大切だと思います。

四本：推進工法とは現在は「下水道」「管きよ」というテーマで仕事が成り立っていると思います。ただ、これからは、先ほど酒井さんもおっしゃっていたように、そのふたつの枕ことばを取り払って「推進工法」だけで考えればもっと新しいことが出来るのではないかと、思います。たとえば、地下道を作るというような補助工法として進んでいく方法もあると思えます。

現在、3000mm以上の超大口径推進という技術ができあがり実施をしようとしているわけですが、さまざまな理由から推進工法の限界といわれた3000mmを超えることによりシールド工法により近づいているわけです。また、断面を円形と限定せず四角でも三角でもと考えていけば違う技術にすすんでいけるのではないかと思います。

また、今後は推進工事のデータを蓄積しなければならぬと思います。現在、なぜデータを蓄積できないかということ、シールドと比べるとそれだけのコストがかけれないという現実があるからです。しかしこれだけ施工実績を積み上げながらデータが何にもないというのは現実には非常にさびしいことです。「推進」→「到達」→「完成」では、何も残らない。推進技術の今後の発展を考えればデータの蓄積は必須事項であると思います。

工法開発が先行し設計手法の整備が後手に

李：四本さんの言われているデータが無いというのはきちんとした設計のもとに施工していないことの証明ではないかと思っています。はじめから設計手法が整備されていないところに工法だけが先行し「出来るはず」で施工してしまっている現実があるように思われます。合理的に施工されたかどうかは確認できません。

工法にあった設計手法を整備するためには、データの収集分析が肝心でしょう。現在、非開削工法において、推進工法や管更生工法などは工法の開発が先行されており、設計手法の整備が後手にまわっているのが現状だといえます。それではよい施工が行われる保証

がありません。設計手法の整備が工法開発についていけるように研究を重ねる必要があります。

近い将来、非開削技術が当たり前になる時代がかならずきます。それまで一貫性を持ったデータの収集、技術向上及び工法改善に寄与する検討分析はとても大切なことであると思います。そのためには先ほど酒井さんが言われていた現場における考察が非常に重要になってくると思います。

「なぜ全身麻酔で開腹手術をするの・・・」

石川：自分の扱っているジャンルに密着した夢、未解明なことなどをお話いただいたわけですが、今度は全般的な感想を聞かせていただきたいと思います。

このJSTTのパンフレットに「なぜ掘るの？掘らなくても良い技術があるのに！（和訳）」（原文：Why dig trenches when there are better solutions?）というISTTのパンフレットにもある標語を使っています。わたしはこの言葉が非常に気に入っています。「なぜ全身麻酔で開腹手術をするの？内視鏡で開腹しない手術の技があるのに。」という言葉に置き換えればわかりやすいともいます。開削工事が当たり前だったころは非開削という技術もあるよ。という考え方でしたが、これからは、非開削技術が前提で非開削が出来ないからどうする？それじゃ開削するか。という方向にもっていきたいものですがユーザ側はまだ非開削というキーワードが見えてないのではないかと思います。これは、JSTTはじめ非開削に携わるみなさんも含めPRが不足しているのだと思います。

それでは、自分のジャンルにこだわらず、これからの非開削技術に挑む後輩たちに向けてのエールを込めて非開削技術のすばらしさ魅力をお話下さい。

四本：超長距離・急曲線施工が可能になった今、仮設立坑の設置場所の自由度が以前より大幅に向上しています。それにより地域住民に対する建設工事による振動や騒音などの影響を軽減できると考えられます。しかし、推進の発注は、「前にできたからここも出来るでしょう？」ということから設計がされており、それに逆に理論を後から付けていくという手法が現実でした。そうすると推進工法本来の元押しという技術を完全に無視した設計がされてしまいます。このように現在、推進工法の設計基準はあるもののそれが守られていないという現実も存在しており、何らかの基準を設けられるよう発注者やコンサルタントにも十分検討をいただきたいと思っています。

そんな中で非開削とくに推進工法においてはまだまだ未知の部分が多いことやデータの解析など研究テーマがまだまだ残っておりこれからの多くの研究者を必要としている学問でもあります。特に日本では唯一であろうと思いますが私が出た九州大学にはその研究室がありますので、是非とも推進工法で学位を目指す方は九州大学をお勧めいたします。

李：非開削工法は開削工法に比べると、地盤状況の把握は既存のデータからリアルタイムモニタリングに頼るしかないため、また、推進工法でいえば姿勢制御なども様々な計測データが必要なことから、より高等な技術が要求されますが、環境に対する負担を最小限に抑えることが出来る観点からも、今後のインフラ整備あるいは維持管理には非開削技術の需要はますます増えると思います。そういう意味では、非開削工法関連技術の開発はこれから本格化になるとも言えます。数多くの非開削技術に関するDr.研究が必要ではないかと思います。また、非開削技術は実践技術ですので、先ほどもしましたが現場における考察やデータ収集が非常に重要と考えます。



Dr. 李

Dr.を目指し、人を驚かしてみたいはいかが？

須藤：わたしが扱っている非開削探査についての評価は、まったく使えないという人と非常に有効な技術だと評価が対極的に二分しております。しかし探査する適用範囲と手順を守れば、きちっとした答えを出すことが出来る技術と考えています。これからも発注者側に根気よく説明していく必要を感じています。また、実際に探査する施工側も適用範囲や手順を守らずに探査施工しているという場合がありますので施工者側の意識改革も必要と考えています。

これからのDr.を目指す社会人の方には、インターネットも発達して、在宅で十分指導を受けられる状況ですので時間的な制約という障害からは開放されていくと思いますので以前ほどハードルは高くないのかなと思われれます。そしてその時々きちんとデータを取って蓄積しておくことを癖付けしていけば手の届かない目標ではないと思います。特に人を驚かせるのが好きな方には、是非、非開削探査でDr.を目指す

して人の驚く顔を観察してみてもはいかがかと思いません。

酒井：やはり環境に有効な非開削技術、特に推進工法は地盤への影響が少ない工法であり家屋補償や交通遮断による経済損失などを考えても最も有効な工法であるといえます。何かと推進工法は開削工法と比較してコストが高いということを言う発注担当者がいらっしやいますが、施工技術の平準化を進めていき、ある一定の技術があれば誰にでも出来るように整備していかなければならないと思います。

技術者の一人として何年も抱えてきたテーマを後輩達に結果として残すということにおいては、Dr.を取得するというのが一番良い手段だと思います。また、自分の分野だけではなく他の研究者の考え方を知る機会でもあり、自分の考え方を再検討するためにも、有効な手段だと思います。所詮、人間は怠け者ですから、そのような状況に自分を追い込むこともひとつの方法ではないでしょうか。

自分へのねぎらいとお褒めの言葉を・・・

石川：それでは、最後にこれまで厳しい道筋を歩んできた自分自身へのねぎらいとお褒めの言葉をいただきながら今後の抱負を語っていただきましょう。

須藤：Dr.取得までを一言で言えば最後までよくやったなあということですね。毎日、仕事がおわって帰宅してから朝の4時ぐらいまで論文を書き、また、会社に行くということを繰り返して、よく体力が持ったものだ。

自分自身に研究する余力が残っているので、これからも非開削探査の研究をつづけていこうと思います。そして自分が認知症になるまでには地下にあるものを形状認識が出来るようにしたいですね。

四本：社会人生活30年どっぷりアルコール漬けに近い状態だった生活から社会人Dr.コースをやり遂げられるのか本当に心配でした。それが飲みにくい回数を減らし何とか学位取得を達成することが出来たのは本当にうれしかったです。社会人Dr.コースをはじめたころ、一回だけその学生証をもって映画を学割で見に行きました。そのとき窓口の人のキョトンとした顔をいまで



Dr. 四本

も忘れません。

本当は自分が学位を取得できるとは思っていませんが、自分の部下も同じコースを通い始めたので自分が取得できなくても、自分の部下が取得できれば良いぐらいに思っていました。それがなんとか取得まで漕ぎ着けたことには自分をほめてあげたいと思います。

これから社会人生活も残すところ定年まであと7年なので、その間にもう一つ工法を確立し工法協会を立ち上げてみようかなと思っています。

酒井：「社会人Dr.コースに通う」といったら、社会人だからといっていきなりDr.はずるいんじゃないの？と息子がひがんでおりました。ただ、Dr.学位を取得できたとき「良くやったんじゃないの」と息子からねぎらいの言葉をかけられたことが一番うれしかったですね。

最終的には、過去のを振り返りデータを集めて分析をしましたが、これで推進工法が全部分ったわけではありません。これからも安全で確実、また、経済性において良好な、人に無理をさせない穴掘りの技術とは何かということを考えながら、固定観念にとられない新しい施工技術の開発が究極のテーマと考えています。今後、自分で研究が出来なくなった場合でも、他の人が新しいテーマに向かって進めるような考え方や環境づくりを行ってゆきたいと考えています。

李：10年もまえのことなので、いろいろと苦勞はしましたが、褒めの言葉などは特に浮かびません。自分が携わってきました地中埋設管の研究、そして非開削技術関連の研究がこれからますますメジャーになってゆく非開削技術の進歩に多少なりでも寄与することになると誇りを感じます。これらのテーマを研究してよかったと今でも思っています。

石川：この座談会を通じて啓発をされ、非開削技術の主要なテーマの研究を進めながらDr.取得を目指していく方が数多く出てくることを期待したいと思います。Dr.取得というのが目的としてではなく、非常に魅力のある非開削技術に貢献した一つの通過点で、その証がDr.であって欲しいと思います。

非開削技術がより確実、安全な魅力ある技術になりますように今後もみなさまの力を注いでいただきたいと思います。本日は長時間まことにありがとうございました。