

2022年国際非開削技術 ワークショップ・イン・タイ 会議報告

島田 英樹

SHIMADA Hideki
九州大学
大学院工学研究院教授



2022年国際非開削技術ワークショップ・イン・タイが令和4年9月14日（水）にタイ・バンコクにあるアジア工科大学院（Asian Institute of Technology 以下、AIT）で開催された。主催は、台湾非開削技術協会（以下、CTSTT）、（一社）日本非開削技術協会（以下、JSTT）、AIT、共催はタイ地盤工学会ならびに東南アジア地盤工学会である。

アジア工科大学院は、タイ王国に本部を置く工学、先端技術、環境学、農学、持続可能な開発、経営管理に特化した国際機関かつ大学院で、世界50ヶ国以上から2,000人以上のトップレベルの大学院生および約100人の教員が集まり、アジアの研究教育活動をリードするエリート大学院として高い実績と知名度を誇っている。

国際非開削技術協会（以下、ISTT）では、非開削技術協会が設立されていない国や地域に関して、近隣の国や地域の非開削技術協会の提案によりISTTの予算で広報、普及活動が行われており、話題提供に関する協力要請があった。当初は、2020年に実施の予定であったが、ご存じの通り世界中にコロナ禍が蔓延し、2年延期しての今回の実施となった。

ワークショップでは、台湾から2件、日本からは4件の併せて6件準備されていた。日本からは、大阪ガスネットワーク㈱、東京電力パワーグリッド㈱からそれぞれ1件、九州大学の笹岡孝司准教授と私の4件であった。また、ISTT副会長（現理事長）で台湾・中興大学のKeh-Jian Shou（Albert Shou）教授ならびにCTSTT会長で台湾科技大学のLi-Hsien Chen（Richard Chen；陳立憲）准教授からの講演が予定されていた。

笹岡准教授と筆者がバンコクに到着したのは、ワークショップ前日の9月13日（火）のタイ時間15時半頃で、着陸時に雷雨が激しく、黄金の微笑みの国の雰囲気を感じながらの着陸だった。バンコク・スワンナプーム国際空港では、旅客がマスクをしていることを除けば

コロナ禍を全く感じないくらいスムーズな手続きでバンコク市内に到着した（写真－1，2）。



写真－1 羽田空港搭乗口



写真－2 バンコクのBTS乗換駅にて

ホテルで一休みした後、東南アジア地盤工学会会長のカセサート大学（Kasetsart University）Suttisak Soralump准教授と同地盤工学会幹事でAITのGeoff Chao准教授ならびにご夫人のご招待で、Shou教授、笹岡准教授と筆者がBTSアソーク駅近傍のTHE LOCAL というタイで有名なレストランで夕食を取り、学会の事前打ち合わせならびにタイの非開削技術協会設立に向けた方向性について夜遅くまで議論がなされた（写真－3）。



写真－3 タイ料理 THE LOCAL における事前打ち合わせの様子
(左手前から Soralump 会長, Chao 夫人, Chao 幹事
右手前から Shou 教授, 筆者, 笹岡准教授)

シンポジウム当日, Shou 教授ならびに Chen 准教授と同じホテルに宿泊していたため, 7 時 30 分にホテルロビーに集合し, タクシーで 45 分かけて AIT に移動した。ワークショップは AIT のカンファレンスセンターで行われ, オンラインによる講演に備えて Shou



写真－4 AIT のゲート



写真－5 AIT カンファレンスセンター入口

教授が忙しくご準備されていた。開会の挨拶には, 14 日に顔を揃えたメンバー (Shou 教授, Chen 准教授, Soralump 会長, Chao 幹事, 笹岡准教授, 筆者) がひな壇に座り, 各自紹介の後, Shou 教授から ISTT ならびに現存の非開削技術協会のネットワークの紹介や非開削技術に関する簡単な説明が行われた (写真－4～6)。



写真－6 ひな壇にて (左から筆者, Shou 教授, 笹岡准教授)

オープニングセレモニー関連の挨拶が終了した後, 6 件の講演が行われ, その概略を以下に示す。

午前中は, 2 件の講演が行われた。まず, 筆者から「Current construction situation of rectangular pipe jacking and its problems」と題し, 我が国における矩形推進工法の現状および施工例, 矩形推進工法施工時における推進力の算定方法について説明が行われた。矩形推進工法は, 供用開始後の有効面積が大きいいためその需要は大きいものの, その適用例は世界的にまだ少なく, 今後, 種々の地山への適用時の問題点, 推進力の予測方法等に関する課題が多いということが説明された。次に, 矩形推進工法の積算に必要な推進力予測方法についての説明があり, 矩形推進時の推進力は, 推進管の縦横比や地山ならびに余掘り部の状態に大きく影響すること, 矩形推進の場合にはアーチ効果の有無で予測される土被り荷重が大きく異なることなど実証試験ならびに数値解析により明確にしたと言及された。最後に, 矩形推進時の縦横比と周辺地山の摩擦係数に関する新たなパラメータを導入することにより, 矩形推進工法の推進力予測式を精度良

く構築できると期待を込めて説明された（写真－7、8）。



写真－7 筆者からの挨拶



写真－8 筆者の発表の様子

次に、Shou教授からは、「On the key issues of CIPP rehabilitation of underground pipelines」と題し、熱硬化ならびに光硬化によるCIPP（Cured in Place Pipe）による管更生の適用、設計、将来の展望について話があった。まず、熱硬化によるCIPPについてYouTubeによる動画が上映された後、CIPPの使用材料、硬化方法、本工法の材料が具備すべき条件、施工方法、課題など簡単に説明された。台湾では、熱硬化による工法では、30～150mの更生が可能であるが、これまでの最長記録として900mの更生実績があるそうである。次にCIPPの適用例として、変形管や亀裂や破壊が発生したヒューム管への適用例について示され、台北市内で多用され、その需要が極めて高いことを言及された。最後に、既存管のCIPPによる更

生前後の地山から作用する応力分布の改善や、CIPPの管取付け部や曲線部などの更生後の応力状態を留意する箇所の安全性について数値解析結果に基づき検証され、CIPPによる施工は管更生工法の中でも有用的であるということが述べられた。



写真－9 発表のご準備をされるShou教授

午後一番目のセッションは、笹岡准教授から、「Challenge of the pipe jacking into conglomerate soil and its countermeasures」と題し講演があった。岩盤推進時の掘削機は、カッタビットを装備したカッタヘッドを回転させ、かつ前方の地山に押し付け力を与えることで岩盤が掘削される。ビットの摩耗は、掘削機の経済性や地山の掘削効率に影響を与える要因であり、これまで種々の研究が行われているが、ビットの摩耗予測に関する定量的な指針が確立されているとは言い難い。このため、推進工法における掘削距離の増大や砂礫地山での施工の増大等、施工条件が多様化しており、ビットの摩耗形態も多様化・複雑化している現状についてまず言及された。また、岩盤推進の場合、通常の土質に利用されるカッタ方式とは異なり、岩盤破碎が可能なビットを搭載した上で、取込排土径以下に破碎する必要がある。このため、岩盤破碎に必要なビットを開発することでビットの耐摩耗能力を向上させ、長距離、曲線推進を行う必要があると述べられた。最後に、テールボイドの拡幅ならびに再構築を積極的に行うことにより、岩盤掘削に伴う破砕片が推進管外周部に楔状に残留して推進力が上昇することを回避できるという課題が解決できることが示された（写真－10、11）。

次に、CTSTTのChen准教授から、「On the control of shield tunneling development based on



写真－10 笹岡准教授の発表の様子①



写真－11 笹岡准教授の発表の様子②

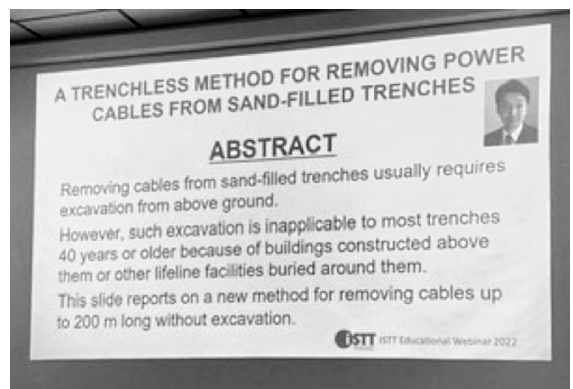
monitoring」と題し講演が行われた。シールド工法は、掘削に伴い地山に大きな影響を及ぼし、地表面沈下や隆起などの社会問題を引き起こすことがある。このため、この影響を予測するためには、シールド工法で用いられる掘削機の掘削メカニズムを的確に評価する必要があることをまず述べられた。次に、シールド掘削機のビットに着目し、ビットの岩盤への圧入時には塑性、弾塑性、弾性領域の3つの領域について識別した掘削影響領域を推定する必要があること、この影響領域の範囲を考慮した掘削力を算定する必要があると説明がなされた。最終的に、人工知能を用いた掘削力予測式の構築が試みられ、粘土質シルトや風化砂岩、礫岩など、粘着力が顕著に異なる現場の力学的特性値を数十種準備し、精度の高い予測に必要なパラメータの多変量解析による抽出、それらパラメータを用いた掘進速度とトルクの関係から、地表面陥没などの防災に役立つ手法が開発されたと述べられた（写真－12）。

午後二番目のセッションは、日本からのオンラインによる2件の講演であった。まず、東京電力パワーグリッド(株)の吉本正浩氏から、「A trenchless



写真－12 発表終了後、Shou教授からChen准教授にギフトを手渡される様子

method for removing power cables from sand-filled trenches」と題し、オンデマンドによる講演が行われた。まず、同社の概要について説明があった後、電力ケーブルの敷設には非開削技術が必要であること、特に砂層で満たされたコンクリートトレンチの中にケーブルを敷設する工事の需要が増大している背景についての説明があった。このような工事では、事前にSand-removal methodを用いて満たされた砂層を除去した上でFEP (Flexible electric pipe) を挿入する非開削技術の発展が鍵になることを示されるとともに、このような施工に必要な課題を事前に抽出するため、実規模実験を準備し、長距離施工ならびに急曲線施工に対応できることを明確にしたという説明があった。特に、本工法に必要な引抜き時の摩擦力、推進管ならびにケーブルの重さからその適用範囲は200m程度、曲率半径3m程度であることが示された。また、質問時に吉本氏はオンラインで参加され、会場からの質問に対して的確に答えられていた（写真－13、14）。



写真－13 発表に使用された吉本氏のPPT



写真-14 オンラインで質問対応される吉本氏

最後に「A trenchless method for removing power cables from sand-filled trenches」と題して、まず、大阪ガスネットワーク(株)の網崎勝氏から同社の概要ならびに同社が使用される探査マシンの概要、特徴についてオンデマンドで紹介された。さらに、GPRを用いた埋設管の位置推定方法について詳述された後、AIを用いて埋設管の位置情報のデータ処理方法を改善できると述べられた。次に、(株)HACARUSの深町朱梨氏によりデータ処理に用いられるAIの利活用方法について詳述された。まず、AIに使用する Sparse modellingの基本的概念についてイメージできるように紹介され、このモデルによるデータのトレーニング方法により、データの収束時間や精度が大幅に改善されたという説明がなされた。さらに、網崎勝氏からは、現在GPRを用いた埋設管の位置推定に携わる熟練者が少なくなっており、データの判読性に労を費やすようになったため、AI技術を新たに導入せざるを得ない現況が本技術の開発の経緯であると力説されていた(写真-15~18)。



写真-15 網崎氏、深町氏のPPT



写真-16 質問対応で待機される大阪ガスネットワークのお二人(左より中上氏、中内課長)



写真-17 質問に対応される網崎氏



写真-18 問に対応される深町氏

最後に、会場に来られた大阪ガスネットワーク(株)の中内啓雅課長と中上勝貴氏ならびにオンライン対応の網崎ならびに深町氏が質問に対応され、本工法のデータ処理方法の詳細やタイでの適用性等について会場から種々質問が飛び交ったが、ひとつひとつの質問に対して丁寧かつ的確に答えられていた(写真-19)。

上述の6件の講演には、AITの教職員、関係する学生等、60名程度が参加し、種々の質問が飛び交い大盛況であった。また、AITカンファレンスセンター



写真－19 質問に答えられている中内課長の様子

内でコーヒープレイクならびにランチが準備され、講演時間外でも積極的な意見交換がなされた。講演中は、Shou教授が司会をされることで講演がスムーズに進行したこと、学会会場の設営にはAITのChao准教授が対応されたことから、大変充実したワークショップになった（写真－20、21）。



写真－20 会場の様子



写真－21 ワorkshop終了後の様子

ワークショップ終了後、筆者らはタクシーでバンコク市内に戻ったが、同じホテルに宿泊しているShou

教授、Chen准教授、笹岡准教授と筆者が、ワークショップに参加された中内課長および中上氏からサイアム地区にある有名なイタリアンレストランにご招待され、ワークショップの慰労と今後の台湾と日本の強い協力関係を祈念して祝杯を交わした。この打ち上げ終了後には、激しいスコールに見舞われたが、それぞれがどこかで再会した時にこのワークショップの成果を共通の思い出として刻まれることを願い散会となった（写真－22、23）。



写真－22 大阪ガスネットワークのパンフレットをShou教授に手渡される様子

（左からChen准教授、Shou教授、中上氏、中内課長）



写真－23 慰労会の様子（左から中上氏、中内課長、笹岡准教授、筆者、Chen准教授、Shou教授）

入国に関する水際対策の一貫として9月6日まで実施されていた入国前72時間以内のPCR検査陰性結果ならびにその書類作成が必要であったため、帰国前日となる9月15日（木）にバンコクで有名なスクンビット病院でPCR検査を行った（写真－24、25）。結果は、無事帰国できたということでご理解いただけると思うが、本シンポジウムは9月14日に実施されたということで、ワクチンを3回以上接種している筆者にとっては不要のものとなった。しかしながら、日本の水際対



写真-24 スクンビット病院



写真-25 PCR検査の様子

策が他国に比べて極めて厳格であることを改めて思い知らせされた。

このワークショップを通して、東南アジアで都市化が進んでいるにも関わらず、非開削技術協会が設立されていない国々が、非開削技術によるインフラ整備を普及させようとしても、各国の地質学会や地盤工学会に頼るしか術のないことが理解できた。タイやインドネシア、ベトナムなどでは、推進工法をはじめとする非開削工事が積極的に取り入れられているにも関わらず、非開削技術協会が設立されていなければ、ISTTの技術が十分に普及せず、インフラ整備の遅延や種々の社会的問題などが生じることになると考えられる。このようなことから、アジアの非開削技術協会が一丸となって、非開削技術協会未加入の国々に広報活動を実施する必要性を痛感した次第である。

最後に、このような機会を与えていただいたJSTTの森田会長、金子事務局長、平野国際部長、ISTT副会長（元理事長）のShou教授をはじめとする関係各位に厚くお礼を申し上げるとともに、JSTTの今後の益々の繁栄を祈念して報告書とかえさせていただくことにする。

非開削技術 広告掲載のご案内

本誌『非開削技術』への広告掲載をご希望の方は非開削技術編集室またはJSTT事務局までお問い合わせください。

発行年4回：4月・7月・10月・1月の1日発行
広告サイズ： 1頁＝縦255mm×横175mm
1/2頁＝縦120mm×横175mm

広告のお申し込み・お問合せ

非開削技術 編集室
(株)LSプランニング Tel 03-5621-7850 Fax 03-5621-7851

発行
(一社)日本非開削技術協会 Tel 03-5639-9970 Fax 03-5639-9975

環境にやさしい非開削技術

■ 非開削技術 広告掲載料金（会員価格）

掲載場所	サイズ	刷色	掲載料金
表1	1 頁	カラー	220,000円
表2			308,000円
表3			275,000円
表4			352,000円
後付	1/2 頁	モノクロ	49,500円
	1 頁		77,000円

※広告掲載料金は1掲載当たりの金額です。（消費税込）