

スイス非開削技術現場見学記



中村 新次郎

Nakamura Shinjiro

東京電力パワーグリッド(株)
人材開発センター研修総括グループ

1. はじめに

NO-DIG 2019 フィレンツェ国際会議・展示会が9月30日(月)～10月2日(水)の日程で開催され、私たちは、発表を含め参加してきました。イタリアでの開催ということもあり、この機会を活用し、海外の非開削技術調査を目的に、スイスのJackcontrol社との技術交流を行いました。同時に、チューリヒ市内で施工中の推進現場も視察することができました(訪問日:10月4日)。この場をお借りして、Jackcontrol社の持つ技術の紹介、ならびにその技術を適用している現場の視察についてご報告いたします。

2. Jackcontrol AG 会社概要

スイス連邦のチューリヒ市にある国立大学のスピンオフ企業として、2004年に会社設立されました。現在従業員は35名。非開削工法の最適化と品質確保のためのシステム開発および販売をしております。また、事前調査を含め、トンネル工事プロジェクトを安全かつ効率的に実現するため、建設会社、施工会社、設計コンサルタントの技術サポートも行っている会社です。



写真-1 概要説明時の様子

現在までに、世界15か国で約200プロジェクトを手掛け、推進工事では、管径800～3,800mmを扱い、推進距離約60kmの実績を持ちます。1プロジェクトでの推進最長記録は、昨年(2018年)に施工された1,470mとのことですが、今年に入り、現在施工中の現場で約2,200m(φ2000・直線)を掘り進んでいるとのことです。

3. Jackcontrol社の技術開発について

今回は、多くの実績を築き上げてきた高品質で効率的に施工可能なJackcontrol社の開発商品である「The Hydraulic Joint」と「応力監視システム」の2つの概要と特徴について、Jackcontrol社代表であり博士でもあるStefan Trümpi-Althaus氏から説明していただきました。

スイス(ヨーロッパ)の地質は「硬岩」や「礫岩」等の岩盤類を含んだ複合地盤が多いとのことです。そのため、推進施工中、推進ヘッドが岩盤に遭遇し、偏心してしまうケースが多く、後続管に曲げモーメントが発生。その結果、推進管にひび割れを生じさせてしまう事例が多数報告されていたとのことです。これらのトラブル事象を未然に防止するため、施工中の推進

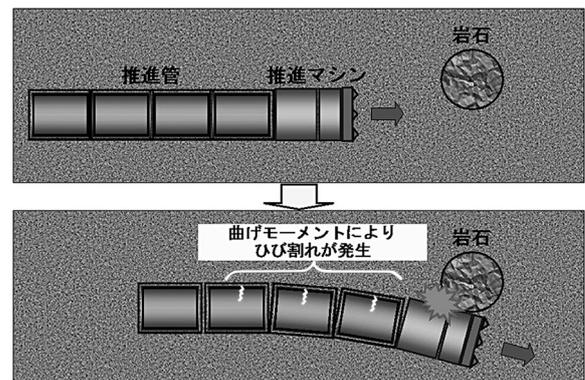


図-1 推進管ひび割れ発生イメージ

位置の把握、推進管にかかる応力等をリアルタイムで管理することの重要性に着目したのが、今回の製品開発のきっかけであったとのこと。

3-1 The Hydraulic Jointについて

推進工法では、長距離急曲線施工時に発生しやすい応力集中を緩和するために、推進管接続部毎に、塑性領域の広い推進力伝達材を設置します。この推進力伝達材が、高い追随性を有し、管の破損（主にクラック等）を防止する役目を果たします。日本国内の推進現場では、推進力伝達材の素材に合成合板やプラスチックを使用しておりますが、スイスの現場では、おもに木製材料を使用しているとのこと。近年の推進工法の長距離・急曲線化に伴い、木製材料等では、緩衝機能に限界が出始め、クラック等の破損が絶えないことから、対策案の研究や検討を重ねた結果、The Hydraulic Jointの開発に至ったとのこと。

(1) 概要

エラストマー材料を含んだ合成高分子素材から出来ており、部材の形状は、直径50mm程度のチューブ型。

先端にボールバルブと圧力センサーが取り付けられております。チューブの内部は、水と不凍液の混合物（分解可能な液体）で満たされています。このチューブを全ての推進管の接続部全周に設置して施工します。推進施工完了後、チューブ先端のボールバルブから液体のみ除去、気密性ならびに管接続部を閉塞する目的からチューブは残します。最終的に管接続部の内側はモルタルを充填して閉塞します。



写真-2 The Hydraulic Joint 概要説明

(2) 止水効果

推進管は通常、管接続部に鋼製カラーやシール材が施されており、これらのダブル設置により、止水性を保っています。The Hydraulic Jointを適用することで、管接続部での推進力を全面で均一に受けることができ、全周に亘り隙間を埋めることで、二次止水の効果もあります。

(3) 現場適用

The Hydraulic Jointの現場適用は、年々高まり、ヨーロッパをはじめアメリカなど多くの長距離推進工事で採用されているとのことでした。また、S字カーブを含む曲線施工でも、最小曲率半径R=80mの実績がありました。

3-2 推進施工中の応力監視システムについて

日本国内の推進施工でも、現場形態に応じて、遠隔操作が可能な管理方法は数多く存在します。こちらでも、独自の応力監視システムを開発しており、先に紹介しました The Hydraulic Joint と併用することで、最適な施工管理が可能になるとのことです。

(1) 概要

計測装置を推進管の1本目と2本目の間に設置（円周方向に均一に3箇所設置）します。推進マシンに中折れ装置がある場合は、中折れジャッキ箇所にも設置します。

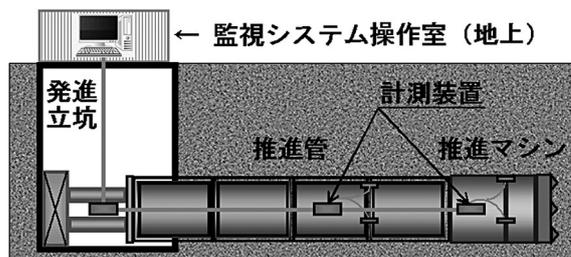


図-2 計測装置場所イメージ

(2) 計測について

まず、計測装置をつけることで、管位置を特定できます。推進施工中は、常時The Hydraulic Joint内にある混合液の水圧やチューブの変形を計測します。その計測値を用いて、推力値と推進管への偏心量を瞬時に求め、監視システム操作室のモニター画面上でリアルタイムでグラフィック表示をすることができます。

計測装置の未設置の推進管においては、計測装置管

の軌道を参考に推測値を用いて算出します。許容想定値を超えた場合、現場職員にわかるように自動的にアラートを発して注意喚起する仕組みになっています。



写真-3 応力監視システム用計測装置

3-3 Jackcontrol社の今後の展望

Stefan Trümpi-Althaus氏は、現在、技術開発面において、推進施工の進捗管理を3次元で把握できるソフトウェア開発の研究を手掛けており、さらなる長距離・急曲線施工を可能とした、高品質かつ安心安全な施工管理を追及していきたいとのことでした。

4. 推進施工現場の視察

今回、私たちは、晴れ渡る秋空の下、Jackcontrol社が技術サポートしている推進工法の施工現場も視察することができました。

(1) 工事概要

施工場所：スイス チューリヒ市

施工目的：ゴミ処理施設から排出される温水を運ぶ
パイプ管の新設

推進工法：泥水式推進工法

推進管径：外径3,800mm/内径3,200mm

推進規模：839m（工事総延長：2,366m）



写真-4 狭い縦長のヤード（推進発進立坑部）

(2) 現場概要

発進立坑ヤード（現場事務所も立坑ヤード内）へ行きました。周囲は民家や教会等、建物が隣接した場所で、立坑の深さは約25m。推進口径3,000mm超の大規模工事でした。使用していた推進管は、推進線形や施工環境から、通常は4.50m/本のところを今回、2.50m/本を使用しているとのことでした（日本は2.43m/本）。

当現場でも、The Hydraulic Jointと応力監視システムを併用し、地上に設置した操作室内で推進施工管理を行っておりました（推進施工中は先端マシンおよび管内は無人）。



写真-5 発進立坑内

当現場の工事責任者から、工事の進捗ならびに推進力伝達材や施工管理について説明を受けました。この工区（839m）は、現在、200m近く掘り進んでいる状況ですが、Jackcontrol社の技術サポートにより、品質面でも施工面においても、トラブルなく、順調に施工が進んでいるとのことでした。



写真-6 The Hydraulic Joint 設置状況

5. おわりに

私自身、推進工事に携わることは多々ありましたが、NO-DIG 2019 展示会を含め、日本国内では事例がない海外の最新技術の知見を得ることができました。

NO DIG 2019会議への参加を含め、ご多忙中にもかかわらず、スイス現場企画ならびに全体の日程調整をしていただきましたJSTT近藤様、角川様にこの場を借りて、深く感謝の意を表します。本当にお世話になりました。ありがとうございました。



写真-7 推進管の前で撮影
(左から1番目が代表のステファン氏、3番目が著者)

道路を掘らない技がここにある

No-Dig Today

工法NAVI

非開削技術検索サイト 工法ナビ

広告掲載のご案内

本誌「No-Dig Today」「工法ナビ」への広告掲載をご希望の方はNo-Dig Today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

No-Dig Today 編集室
 (株)LSプランニング
 Tel 03-5621-7850 Fax 03-5621-7851
 (一社)日本非開削技術協会事務局
 Tel 03-5639-9970 Fax 03-5639-9975

環境にやさしい非開削技術

■ No-Dig Today 広告掲載料金

掲載場所	サイズ	刷色	掲載料金
表2	1頁	カラー	200,000円
表3			180,000円
表4			250,000円
前付			150,000円
後付	1/2頁	モノクロ	45,000円
	1頁		70,000円

※広告掲載料金は1掲載当たりの金額です。(消費税別)

■ 工法ナビ バナー広告掲載料金

掲載場所	掲載期間	掲載料金
TOPスペース	6ヶ月	60,000円
技術区分内スペース	上半期 (4月1日～9月30日)	18,000円
	下半期 (10月1日～3月31日)	

※広告掲載料金は1掲載当たりの金額です。(消費税別)