

応用地質アラカルト

IAEG Bulletin紹介 (29)

海外でのボーリング地質調査の現状

国際委員会
百瀬 泰

1. はじめに

海外においても、ボーリング地質調査は土木地質における調査の基本であり、得られた情報に基づいて、調査地点の地質が確認され、設計における地質の各種パラメータや設計施工上の留意点が整理される。地質調査に要求される成果は、海外の業務においても国内の地質調査と何ら変わりはないが、地質調査の精度は大きく異なることが多い。ここでは、海外での地質調査の経験に基づく知見を、地質調査の最も一般的な手法の一つである、ボーリング地質調査を中心に述べてみたい。

2. 海外での地質調査

一般的なプロジェクトでは、準備調査、実現可能性調査、実施設計と、段階が進むにつれ、調査数量が増え調査精度を上げていく。ただし、調査の精度は際限なく上げることは出来るが、時間とコストがかかるため、実際には調査によって得られる利益を鑑みて、建設のための入札書類を作成するにあたり、最低限必要な調査を行うのが一般的である。したがって、インフラ工事で一般的なEngineering, Procurement and Construction (EPC) 契約では、建設請負会社が決定後、請負業者の責任において、追加地質調査が実施されることはよくある。この追加調査によって、入札書類作成時の想定と明らかに地質が異なると判明した場合は、設計変更の対象となり、発注者は追加コストが必要になることがある。このため、実施設計調査までには、地質上のリスクを可能な限り抽出しておくことが、地質技術

者に求められている。

しかしながら、各国国際機関や民間、いずれが発注する最近の調査においても、地質技術者が現場に滞在する期間は非常に限られ、調査段階それぞれで渡航3回、調査期間は計3～4か月程度であることが多い(表-1)。このため、特に第一回目の渡航で、現地調査業者に、的確な調査指示を行うことが非常に重要になる。

3. 東南アジアにおけるボーリング地質調査の現状

東南アジアにおけるボーリング調査の特徴を表-2に示す。調査期間中に1回程度現地訪問をすることは可能ではあるが、ボーリング調査期間中の大部分は、リモート指示を行っている。近年は、ソーシャルメディアを利用することが出来るため、現地から状況写真やビデオ等を送付してもらい、ある程度は現地の状況が把握できるようにはなっている。ただし、ボーリング地質調査結果の検収は、すべての調査終了後となるため、不備が判明しても再調査は困難である。また、現地のボーリング調査技術は、筆者が海外で働き始めた約20年前から殆ど向上しておらず、低いコア採取率は地質調査結果の精度を阻害する要因となっている。しかしながら、作業員の技術や使用できる機材が異なるため、東南アジアの現地業者に、本邦のような高いコア採取率を求めるのは難しい。このため、地質状況をより正確に把握する方法を、各現場で常に探しているのが現状である。

表-1 一般的な地質調査の流れ

渡航	活動内容	期間 (か月間)
第一回目	【既存資料収集】 既存資料収集, 整理, レビュー 【地質調査準備】 地質調査入札書類作成, 地質業者選定, 地質業者への現地説明, ボーリング地点の指示	1.0
第二回目	【地質調査の中間管理】 調査の進捗確認, 追加現地確認	0.5
第三回目	【報告書作成】 現地調査成果の検収, 報告書作成 【報告会】 発注者への説明	1.5

表-2 東南アジアにおけるボーリング地質調査の特徴

作業項目	特徴
ボーリング機材運搬・仮設	ボーリングの機材は、分解して人力で運搬している。特殊な運搬機材を用いることはほとんどない。運搬からボーリング機材設置までに要する期間は非常に短い。
ボーリング作業	一台につき常時5~6人で作業し、終了までテント生活を行って現地に滞在して作業を行う。
サンプリング	ダブルコアチューブを使用するが、本邦で一般的であるプラスチックのコアパックチューブは使用出来ないため、特に破碎帯等の細粒分は流出させてしまい、コア採取が困難である。
原位置試験	標準貫入試験や透水試験等原位置試験は、American Society for Testing and Materials (ASTM)やBritish Standards (BS)等の国際基準に準拠して行うので、試験自体は問題なく実施できる。ただし、地下水位観測は回数や時期を正しく指示する必要がある。筆者は経験無いが、インドネシアではボアホールカメラ撮影は実施可能になったようである。
報告書	ボーリング柱状図、コア写真、各種試験結果を含んだ調査報告書を現地の地質調査業者が作成する。業者が作成した調査報告書を検収し、必要に応じて修正し、最終化する。

表-3 Drilling に関するIAEG Bulletin論文検索結果と概要

番号	論文	概要
1	Tian et al. (2024) ¹⁾ Rock fracture identification with measurement while drilling data in down-the-hole drills.	石灰岩鉱山において、自社の開発した Down-the-hole drills 仕様の掘削中の計測システムの開発を行った。得られた掘削データと孔内画像の比較から、推力、回転トルク、空気量、貫入速度の4つの掘削パラメータと亀裂状況との対応が可能になった。
2	Yazitova & Yagiz (2024) ²⁾ Performance analysis of drilling machines based on rock properties and machine's specifications.	岩盤掘削プロジェクトのコストおよびスケジューリングの影響を判断するため、岩石の特性と掘削機の仕様から、ダイヤモンドコアドリリングおよびパーカッションドリリングの掘削率 (The Rate of Drilling) を推定した。

4. ボーリング地質調査の精度向上とIAEG Bulletin論文との対話

ボーリング地質調査においては、地質情報はコアサンプルだけではなく、削孔の速度や推力、削孔中のロッドの振動、注水量や排水量、急激な地下水上昇や下降など、削孔中に観察されるすべての事象が、地質状況を把握する情報として利用できる。例えば、熟練した地質技術者は、実際のコアを見なくても、削孔機械の様子や排水の状況を観察するだけで、岩盤状況や透水性をある程度予測できる。ただし、既述したように、本邦地質技術者が長期間、海外の現場に滞在することは困難であり、削孔中の有用な掘削データの特定や採取方法の開発、また、掘削データから地質や岩盤状況を推定するシステムの開発が求められる。この点に注目し、海外でのボーリング調査の取り組みを調べるため、Drillingで検索したところIAEG Bulletin論文が1148件ヒットした。ボーリング調査における掘削データの取得は、古くから検討されてきたが、案外、新しいテーマでもあることが分かる。この内の今年(2024年)の論文を要約すると表-3のようになる。一つ目の論文は、掘削機に設置された計測システムデータ(推力、回転トルク、空気量、貫入速度)から、石灰岩岩盤の亀裂状況を推定しようとするものである。二つ目の論文は、多様な岩種における岩の物性値(一軸圧縮強度、引張強度、硬度、研磨性、密度、空隙率、脆性)や掘削機の仕様(ビットの種類や径、回転数、推力、圧力等)から、掘削方法の違いによる掘削

率の推定を試みている。両者ともに鉱山開発の岩盤評価を目的とするものであるが、コアサンプルと掘削データの各種パラメータを対比できれば、土质地質においても、岩盤評価判定の有用な資料となり得ると考える。

5. ま と め

ボーリング掘削中における測定(Measuring while drilling)については、ISO22476-15 Geotechnical investigation and testing -Field testing- Part 15として国際基準化され、装着した機器による連続した掘削データ取得が、欧州を中心に標準化されつつあるようである。筆者は実経験がないが、東南アジアでも鉱山開発を中心に実装化が進められている。土质地質分野においても、コアサンプルと掘削データを比較検討することによって、これまでの地質技術者個人の経験に頼った定性的評価が、より客観的かつ定量的な地質評価に変わるように思われる。ただし、あくまでも掘削データは、地質を評価する上での補完資料と考えるべきであり、地質状況を直接観察することができるコアサンプルの価値が高いのは言うまでもない。幸いにも、本邦には土木工事における高品質コア採取技術がある。東南アジア等に比較し、ボーリングオペレータ技術が高いことに加え、掘削機材や掘削方法も年々進歩しており、掘削に使用する流体に気泡や粘性剤を添加する等により、以前は困難であった、断層破碎帯や地すべり地でのコア採取が可能になってきている。こうした優れた取り組みを分かり易く、海外に発信していくのも、本邦の地質調査技術者

の大きな役割の一つと考えている。

引用文献

- 1) Tian, S., Weijie, H., Ding, W., Liang, S., Liu, D., Xie, K., Lu, X. and Yang, W. (2024) : Rock fracture identification with measurement while drilling data in down-the-hole drills, Bull. Eng. Geol. Environ., Vol. 83 (65) . <https://doi.org/10.1007/s10064-024-03561-9>.
- 2) Yazitova, A. and Yagiz, S. (2024) : Performance analysis of drilling machines based on rock properties and machine's specifications, Bull. Eng. Geol. Environ., Vol. 83 (37). <https://doi.org/10.1007/s10064-023-03499-4>.

国際委員会からのお知らせ

IAEG Bulletinは、国際会員になれば購読することができます (年会費：4,500円)。

国際会員の入会案内

<https://jseg.or.jp/02-committee/international.html>

なお、IAEG BulletinのAbstractは、下記URLよりどなたでも閲覧できます。

IAEG Bulletin Abstract閲覧

<https://www.springer.com/journal/10064>