

ボーリング作業の見える化技術

応用地質株式会社 正会員 ○谷川 正志
山本 幸源

本論文は、地盤の問題を検討する上で重要な高品質コアのサンプリング技術について、従来の経験的技術から定量的技術への転換を目指した研究成果報告である。研究開発のコンセプトは、ボーリング作業に必要な諸元を数値化し、直観的世界から数値に基づく最適な機械操作を促すシステム作りである。本システムはボーリング作業において、下記に示す5つの諸元の数値をモニターで確認しながら掘進するものであり、従来のボーリング作業と大きな違いはない。実証結果では、高品質コアのサンプリングに有益な情報が得られると同時に、地質や岩盤の状態を捉えることがわかった。今後はさらに多くのフィールドで実証し、検証と実績を重ねる予定である。将来は、新しいボーリング日報への適用や、フォアマンの育成システムとしての活用についても検討を行うものである。

なお本システムは、OYO HQCS-MS (オウヨウ ハークス エムエス) という名称で、特許出願を完了している段階にある。

1. 研究開発の経緯

弊社では、高品質コアのサンプリング技術としてLWLP工法^{1) 2) 3)}という掘進方法を採用している。これは、掘進時のビットの先端に対し、低送水かつ低荷重でゆっくりと掘進する工法である。一方この工法は、原理は明確ではあるが定量的技術までに至っておらず、コア採取率は有能なフォアマンの経験的技術に委ねられている。そこで、有能なフォアマンが、どのようなシグナルによってコア詰まりなどを予見し、どのような動作によってコアを採取しているのかという単純な疑問から、弊社のフォアマン達に聞き取りを重ねた。その結果、フォアマンは微細な諸現象を体感し、これを頼りに作業を行っていることがわかった。それは、①トルクの変化をエンジン音の変化として捉えコア詰まりなどの異常を感知、②掘進速度の変化を目視で把握、③掘進速度の変化を手掛かりに送水量、ビットにかかる荷重やロッドの回転を感覚的に調整、というものであった。つまりボーリング作業では、このような微細な変化に神経を研ぎ澄ませることが高品質コアを採取する基礎となっているのである。ならば、その微細な変化を数値として見える化をすることができれば、ボーリング作業の革新的な技術進歩に繋がると考えた。

2. ボーリング作業の見える化の仕組み

ボーリング機械の操作に基づいて、次の5つの諸元の数値化ができるように各センサーを配置した。

諸 元	確認方法	分解能
掘進速度	変位センサーにより掘進速度を確認	0.1 mm以下
送水量	送水量センサーにより確認	10MPa
送水圧	送水圧センサーにより確認	0.5～100 l/分
ビット先端荷重	上・下方油圧荷重を計測し、スピンドルやロッド荷重及び地下水による浮力を換算し表示	1～50MPa
ロッド回転	光検出器により確認	検出距離 2.5 mm

5つの諸元は、図1に示すようにデータロガーに自動的に集約し、これをモニターで確認する仕組みとした。

特にビットの先端荷重については、上方と下方の油圧荷重を測定し、スピンドル荷重やロッドの本数、ゾンデの荷重および孔内水位を入力することで、換算した先端荷重が表示できるように開発した。

ロッドの回転数は、スピンドル頭部の回転部に光検出器を設置し、回転を連続的にカウントできるように開発した。

モニターはタッチパネルとし、画面上で簡単に入力可能なものとした。掘進時のモニター画面は各諸元の数値がリアルタイムに変化し、各諸元に上限と下限の閾値を入力することで、数値の変化が直観的にわかる画面構成とした(図2 参照)。

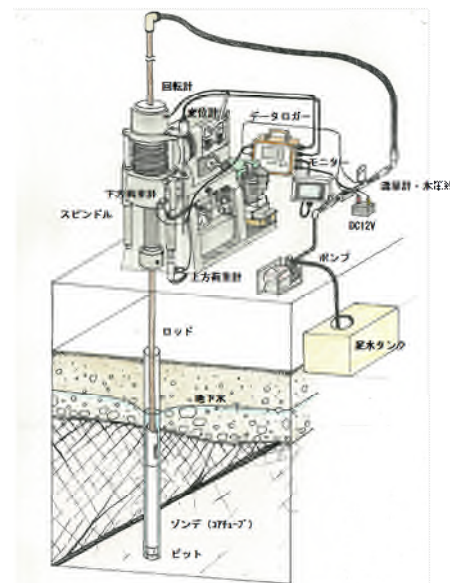


図1 ボーリングの見える化技術の概念図



図2 掘進時のモニター画面図

3. ボーリング作業の見える化による成果

実証実験は、亀裂性の岩盤斜面を対象とし、高品質コアの採取が難しいフィールドで行った。本システムで取得したデータは、縦軸を深度した経時変化図として整理するものとした（図3 参照）。

取得したデータに基づいて、フォアマンへの聞き取りを行った結果、次のような成果を確認することができた。

- (1)掘進時の状態の可視化により、操作判断が容易になった。
- (2)特にコア詰まりの予兆として、トルクの影響によるエンジン音の変化よりも、先端荷重と掘進速度の変化が早く検出されるため、コアを流すリスクが大幅に軽減した（図4 参照）。
- (3)送水量に対して送水圧が急激に増減する区間があり、透水性に関わる岩盤の状態が把握された（図5、図6 参照）。
- (4)前日の作業内容が経時変化図として確認ができるため掘進方法の工夫やビット選定の参考になった。

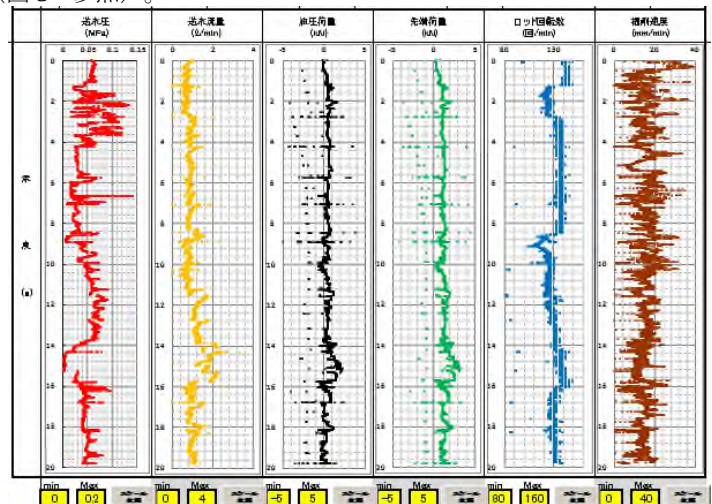


図3 取得したデータによる経時変化図

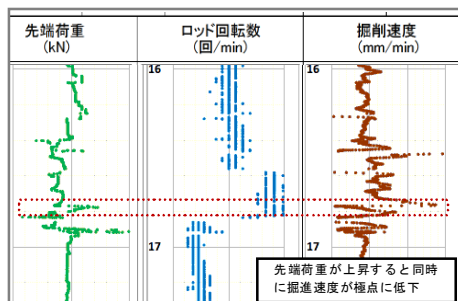


図4 コア詰まり区間の先端荷重と掘削速度の変化図

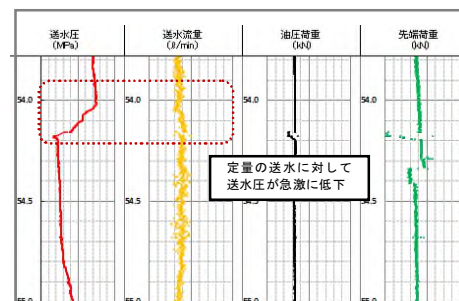


図5 送水圧の低下を捉えた変化図

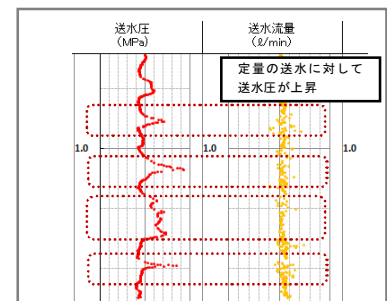


図6 送水圧の上昇を捉えた変化図

4. 課題

上記の実証結果では、亀裂性の岩盤において高品質コアのサンプリングに有益な情報が把握され、地質や岩盤の状態を捉えることがわかった。一方で本システムでの実証事例が少なく、多様な地質条件において十分な検証を行う必要がある。本システムは、通常のボーリング作業と変わらないため、LWLP工法の付加的システムとして多くの現場で活用することが可能である。ボーリング技術の定量化を実現させるためには、取得したデータを分析し、現場へフィードバックする循環を作る必要がある。

5. 今後の展望

ボーリング作業の見える化は、掘進に関わる緻密な情報を得ることができることから、新しいボーリング日報としての利用や若手フォアマンの育成ツールとして利用できると考えている。また、取得したデータの分析結果を現場へフィードバックする循環により、サンプリング技術に関する議論が活発化し、ボーリング機械の自動制御を含めた新しい技術開発が進む可能性があると考えている。

自然科学的に地盤の問題を考えることは、地史的な思考に基づいた状態の立証である。この立証の手段として、ボーリング作業の見える化による高品質コアを取得することは、セーフティーな地質を把握することに直結するものとする。

私は地質工学の創造による社会貢献を実現したいと考えており、その一助となるように努力する所存である。

《参考文献》

- 1) 山田政典, 森山豊: LWLP 工法を用いた三波川帯地すべりの発生過程, 日本地すべり学会研究発表会講演集, 日本地すべり学会, vol48, pp.114-115, 2009
- 2) 谷川正志, 古宮一典: LWLP 工法による高品質ボーリング, 地盤工学研究発表会発表講演集 (CD-ROM), 地盤工学会, vol46, ROMNUNNO46, 2011
- 3) 竹内佑佳, 辻岡秀樹, 安達和徳, 服部康浩, 細田宏: LWLP 工法を使った高品質コア採取率による地質解析事例, 全地連「技術フォーラム 2012」新潟, 2012