

## 45. 電磁探査(AMT 法)および調査ボーリングを用いた大深度岩盤の定量的評価

Quantitative evaluation of deep bedrock using Audio frequency Magnetotelluric method and deep Drilling

○牧野隆吾・手島 稔・岸本宗丸・笠置敏郎（日鉄鉱コンサルタント(株)）  
花村 修・小泉友美（㈱九州地質コンサルタント）

一般社団法人日本応用地質学会九州支部 ILC ワーキンググループ  
Ryugo Makino, Minoru Teshima, Munemaru Kishimoto, Toshio Kasagi  
Osamu Hanamura, Tomomi Koizumi

## 1. はじめに

世界で唯一の線形加速器として日本への誘致が検討されている国際リニアコライダー（ILC）計画は、北上山地および脊振山地を国内候補地とし、立地に関する調査が進められてきた。脊振地域では、ILC施設の地質的な立地条件として、深部まで安定した岩盤が見込める花崗岩体と古第三系が対象となっている。

一般社団法人日本応用地質学会九州支部では、平成22年度よりILCワーキンググループを設置し、既存資料収集・空中写真判読・地表地質踏査・水文調査・ルート検討などの調査研究を行ってきた。これらの調査研究は適地調査段階の広域調査として位置付け、延長50km、最大土被り1,000mにおよぶ長大山岳トンネルにおける各地質体の対象岩盤としての工学的性質を概略的に検討することを目的とした。

平成24年度には、これらの調査研究成果を検証するため、地下深部の状況を定量的に把握できるボーリング調査および物理探査を行なった<sup>1)</sup>。本調査では中央衝突空洞が想定される地域の地質・岩盤状況の定量的把握・評価に重点を置き、立地に適した地盤条件を確認することとした。以下に、ボーリング調査および物理探査の結果を報告する。

## 2. 調査計画

ILC 計画では、加速器トンネルルートの中央付近に衝突空洞や重要な観測施設が配置される予定であり、そのために中央施設地域にはより安定した岩盤が求められる。このことを踏まえ、今回の物理探査およびボーリング調査は、中央施設地域における深部の岩盤状況を確認するために実施したものである。

トンネルルートのほぼ中央付近では、空中写真判読・地表地質踏査などの調査から、次のような地形地質的特徴が明らかとなった。

- 1) 標高 500～700m を示す 3 つの山体が分布し、NW-SE 方向の線状模様が認められる。
- 2) 3 つの山体は 1km 前後の広がりを持ち、北西方向へ流下する河川の浸食によって分断されている。山腹斜面には風化殻としてコアストーンが多く認められ、深部に健岩が分布することを示唆する。
- 3) 河川沿いなどの谷部には、糸島型花崗閃緑岩の B

～CH 級の健岩が広く露出する。

以上のような地形・地質的特徴から、ルート中央地域の深部には新鮮な花崗岩体よりなる健岩が広く分布することが想定され、その確認のために物理探査およびボーリング調査を実施した。なお物理探査の手法としては、深部の岩盤状況を精度良く効率的に把握することが可能な電磁探査（AMT 法）を採用することとした。

## 3. 探査測線およびボーリング地点の決定

AMT 法電磁探査の測点配置については、以下の点を考慮して設定した(図-1)。

- 1) 3 つの山体と谷部での比抵抗の違いを把握するため、測点は線状配置とした。
- 2) 測線は想定される加速器トンネルの延伸方向(概ね ENE-WSW 方向)に 4 測線、これらに交差する NNW-SSE 方向に 1 測線設置した。このうち、測線 1 は、ボーリング地点と重複するように配置し、マクロな構造を電磁探査、ミクロな構造を電気検層で捉えることとした。
- 3) 測点間隔は、弱層(断層)が分布する可能性が考えられる谷地形周辺では 100m、安定した岩盤が分布すると想定される地域では 200m 程度とした。

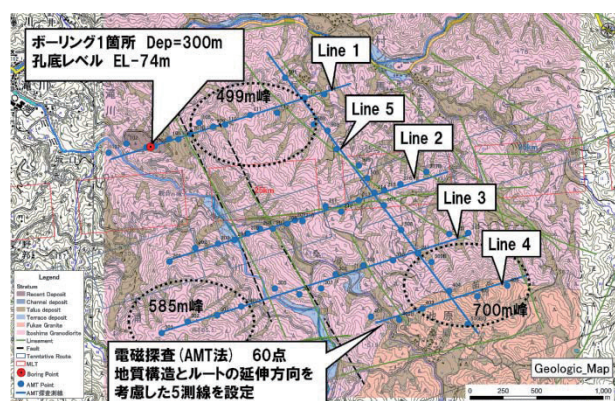


図-1 電磁探査の測点配置およびボーリング地点

またボーリング地点については、加速器トンネルレベルとの比高差や周辺の温泉掘削地点との位置関係等を考慮し測線 1 上の地点を選点した。なお、掘削方法は良好なコアを採取することに主眼を置き、通常工法

により  $\phi 66\text{mm}$ 、掘削長  $300\text{m}$  のコアリングを実施した。

#### 4. 調査結果と地表における調査研究成果の検証

AMT 法電磁探査の 2 次元解析結果より、全測線とも  $1,000\Omega\cdot\text{m}$  以上の高比抵抗領域が広く分布しており、比抵抗コントラストの乏しい均質な構造であることが判明した。また、空中写真判読および地表踏査で確認された破碎帯幅数 m 程度の小断層は、電磁探査の結果では  $1,000\sim 2,000\Omega\cdot\text{m}$  程度の比抵抗領域に対応し、変質部は  $200\sim 700\Omega\cdot\text{m}$  程度の低比抵抗領域に対応していることが判明した(図-2)。

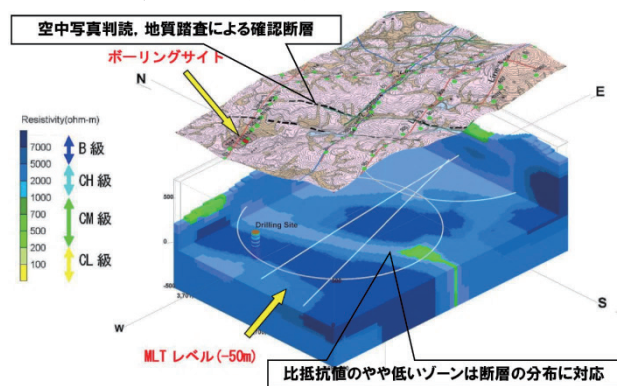


図-2 中央施設候補地における比抵抗構造の 3 次元イメージ

ボーリング調査では、すべて糸島型花崗岩緑岩よりなり、深度約  $20\sim 40\text{m}$  付近で CM～CH 級、深度約  $40\text{m}$  付近より CH～B 級、さらに深度  $160\text{m}$  付近以深では B 級岩盤が連続することが確認された。ボーリング地点の探査結果では、深度  $50\text{m}$  付近より  $1,000\Omega\cdot\text{m}$  以上、深度  $100\text{m}$  付近より  $2,000\Omega\cdot\text{m}$  以上の高比抵抗領域となっている。また電気検層の結果と電磁探査結果は必ずしも一致していないが、大局的には両者が示す変化は良く整合しているといえる。両者とも  $1,000\Omega\cdot\text{m}$  以上の比抵抗値を示しており、花崗閃緑岩新鮮部の標準的な比抵抗値と良く対応していることが判明した(図-3)。なお、ルジオンテストの結果、当該岩盤の透水性

は  $10^{-8}\text{m/sec}$  オーダー以下であることが確認されている。

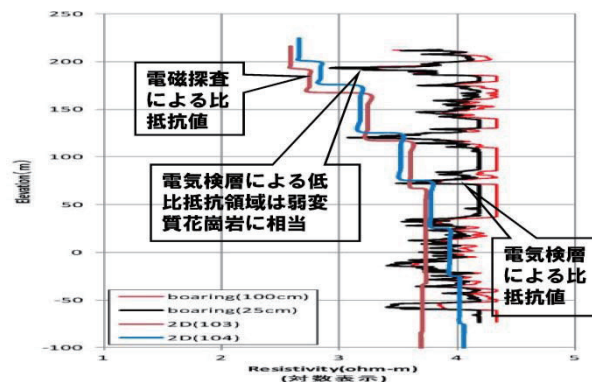


図-3 ボーリング孔における電気検層結果と電磁探査結果の対比

岩石等の比抵抗を決める要因は複数あり、比抵抗値だけで岩種・岩質を判別することは難しいが、調査地の岩質と比抵抗分布を巨視的に見れば、概ね  $1,000\Omega\cdot\text{m}$  以下の比抵抗領域を CM 級岩盤、 $1,000\sim 5,000\Omega\cdot\text{m}$  の領域を CH 級、 $5,000\Omega\cdot\text{m}$  以上の領域を B 級岩盤として対比できるものと想定される(図-4)。

#### 5. まとめ

今回の調査結果は、電磁探査(AMT)と長尺ボーリングを併用することにより、大深度岩盤の性状をマクロ的かつ定量的に評価することが可能なことを示したものと考える。ILC 施設の建設にあたっては、加速器トンネルレベルの大深度における断層性状や透水性の確認が必須になるものと考えられ、今後岩盤の透水性も加味した、広域的かつ大深度岩盤の評価手法を確立することが望まれる。

#### 文献

- 1) 九州大学ほか (2013)：国際リニアコライダー第 1 次背振地域地質調査におけるボーリング調査及び物理探査業務報告書

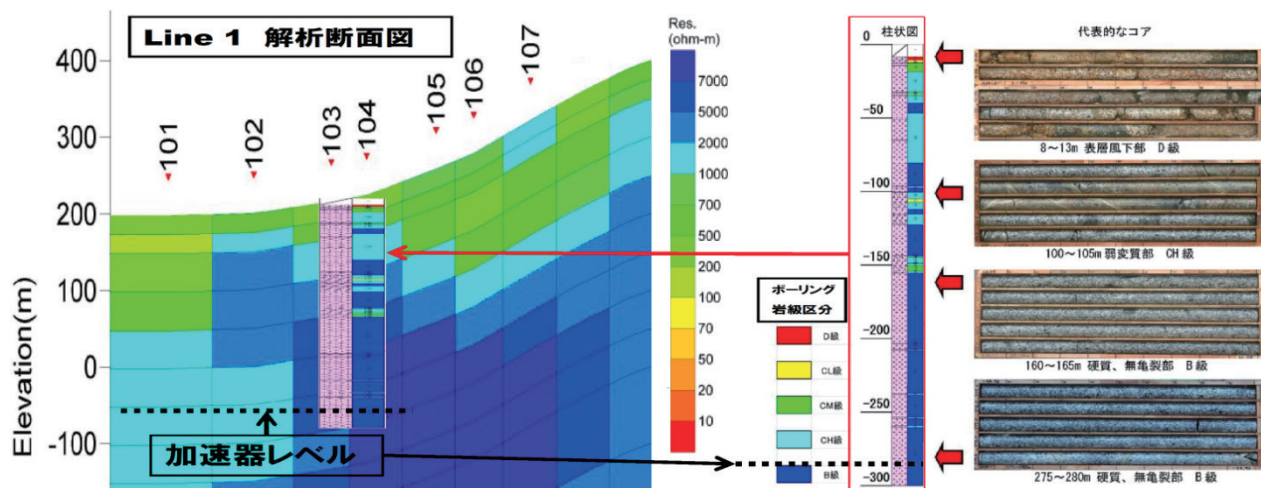


図-4 ボーリングコアによる岩級区分と電磁探査による比抵抗構造の対比