

# 空中電磁探査結果と調査ボーリング結果の対比・評価手法について

大日本ダイヤコンサルタント株式会社 ○野崎 勇佑, 山根 博, 濱本 拓志, 馬場 敬之, 金丸 諒太郎

## 1. はじめに

地質調査における岩盤、地下水等の性状の把握は構造物の設計・施工を行う上で重要な基礎データである。近年、予備調査段階で広域の地質情報の取得を目的とした空中電磁探査の実施される機会が増加傾向にある。

空中電磁探査はヘリコプターや UAV (ドローン) を使用し、地盤内部の電気的特性を観測することで、岩盤性状や地下水分布などを推定するための物理探査手法である。

本稿では、2つの地区を対象に UAV を利用した空中電磁探査により取得した比抵抗とボーリング調査結果を対比し、地質評価を行った事例を紹介する。

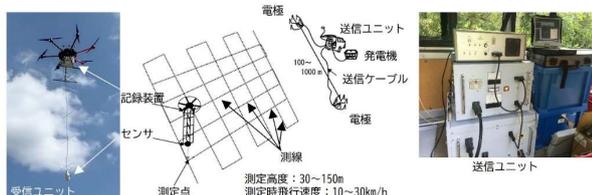


図-1 UAV を用いた空中電磁探査実施状況

## 2. 空中電磁探査で得られる比抵抗の概要

空中電磁探査を実施することで、比抵抗 (含水量や粘土含有量によって生じる電気的特性) を把握することが出来る。

比抵抗と地質・地下水の関係を図-2 に示す。岩盤性状が良好であれば高比抵抗を呈し、風化や破碎を受けると比抵抗は小さくなる。また表層付近の間隙の大きく地下水で飽和する箇所、粘土化している箇所 (断層破碎帯、凝灰岩層等) は低比抵抗を呈する。

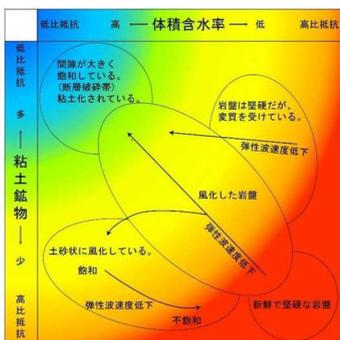


図-2 比抵抗と地質・地下水の関係<sup>1)</sup>

## 3. 空中電磁探査結果及びボーリング位置

### (1) 調査地 A (地質帯境界付近)

調査地 A は文献・既往調査より地質帯境界 (断層) の分布が想定されており、断層周辺の地質性状及び地下水分布を把握するために空中電磁探査を実施した。比抵抗断面を図-3 に示す。地質帯境界は黒破線範囲内の分布が

想定されており、境界の前後で地下深部の比抵抗に差が認められた。ボーリング位置は比抵抗に差が見られる箇所、深部で低比抵抗を示す2箇所 (No. 1孔、No. 2孔) を選定した。

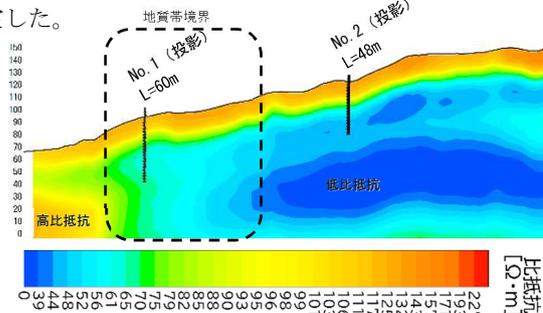


図-3 比抵抗断面図 (調査地 A)

### (2) 調査地 B (地すべり地形分布想定箇所)

調査地 B は既往調査より地すべり地形の分布が想定されており、地すべりの規模と地下水分布を把握することを目的に空中電磁探査を実施した。比抵抗断面を図-4 に示す。山頂付近に地すべり頭部の分布が想定されており、想定位置付近の比抵抗に差が見られた。ボーリング位置は地形の中心付近の1箇所を選定した。

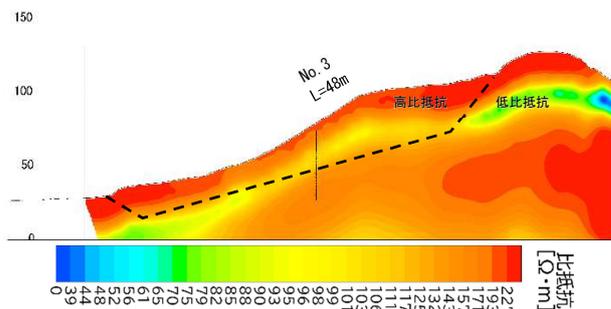


図-4 比抵抗断面図 (調査地 B)

## 4. ボーリングコアと比抵抗の対比

### (1) 調査地 A (地質帯境界付近)

ボーリング調査の結果 No. 1孔は泥岩を主体とした岩盤、No. 2では砂岩優勢で30cm 泥岩を狭在する岩盤の分布を確認した。なお、No. 2は地下深部に向かい砂岩と泥岩の境界が不明瞭となり、泥岩主体の岩盤への遷移が認められた。図-5に岩級ごとの代表的なコアと対応する比抵抗の範囲を示す。

地質・岩級	コア写真		比抵抗 Ω・m
	No.1	No.2	
未固結堆積物			96超
D			96超
CL			75-96
CM			61-75
CH			61未満

図-5 ボーリングコアと比抵抗の対比 (調査地 A)

浅部に分布する未固結堆積物、開口部を多く含むD級岩盤は $96 \Omega \cdot m$ 以上の高い比抵抗を示した。CL級岩盤は $75 \sim 96 \Omega \cdot m$ 、CM級岩盤は $61 \sim 75 \Omega \cdot m$ 、CH級岩盤は $61 \Omega \cdot m$ 未満と岩盤性状が良好になるにつれて比抵抗値が小さくなることが確認された。

なお、調査地Aに分布するCH級岩盤は割れ目が少なく風化も小さい新鮮な硬岩であるため図-2に倣えば高比抵抗を示すと考えられる。一般的な岩盤における低比抵抗の要因として、岩盤が間隙を多く含んだ上で体積含水率が高いこと・岩盤自体が粘土鉱物を多く含むことが挙げられるが、コア上に該当する要因は認められない。

調査地Aの地下深部に分布する新鮮な岩盤が低比抵抗を示した要因には、図-6に示す岩石（固有）の比抵抗値の影響が推定される。

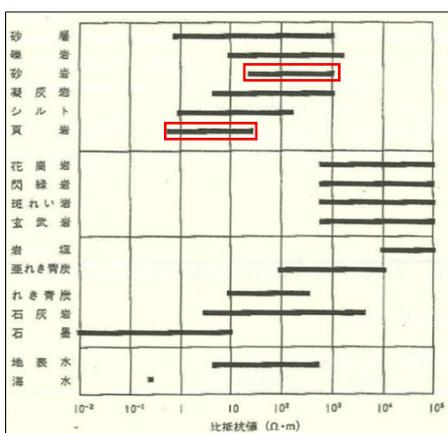


図-6 岩石等の比抵抗値<sup>2)</sup>

岩石と比抵抗値の関係から泥岩（頁岩）で低比抵抗、砂岩で高比抵抗を示すことが確認できる。

(2)調査地 B(地すべり地形分布想定箇所)

ボーリング調査から砂岩主体の岩盤の分布を確認した。図-7に岩級ごとの代表的なコアと対応する比抵抗の範囲を示す。

地質・岩級	コア写真 No.3	比抵抗 $\Omega \cdot m$
未固結堆積物		125超
D		125超
CL		75-125
CM		75未満
		75-157 (地下水位以深)

図-7 ボーリングコアと比抵抗の対比（調査地 B）

浅部に分布する未固結堆積物、D級岩盤は $125 \Omega \cdot m$ 以上、CL級岩盤は $75 \sim 125 \Omega \cdot m$ を示した。CM級岩盤は地下水位より上で $75 \Omega \cdot m$ 未満、地下水位より下で $75-157 \Omega \cdot m$ を示した。調査地 B に分布する岩盤は深度と調和的な風化構造を持つことが比抵抗及びボーリングコアで確認できた。また、コア上にすべり面や地すべり性の破碎部が認められないことから地すべりは分布しないと判断した。

5. 空中電磁探査とボーリング調査の結果を踏まえた岩盤性状及び地下水分布の評価手法について

(1)岩盤性状と比抵抗の関係について

地下水で飽和された岩盤では、比抵抗は風化構造に従い、低比抵抗から高比抵抗に変化する。一方で、地下水位以浅に分布するD~CL級岩盤や未固結堆積物は高比抵抗を示す。比抵抗から表層付近の岩盤性状を推定する場合は、地表踏査で露頭分布や表流水の有無等も併せて確認することが望ましい。

(2)岩種と比抵抗の関係について

地下水位以深に分布する新鮮な岩盤は高比抵抗を呈する可能性が高いが、泥岩及び泥質岩優勢層では低比抵抗を呈した。地下深部で低比抵抗を呈す箇所における評価にはボーリング調査結果と合わせた確認が必須である。

(3)地下水位分布と比抵抗の関係について

掘削中に確認した水位に安定性が認められた深度の比抵抗は $100 \Omega \cdot m$ 付近を示した。本調査における地下水位の比抵抗は地質や岩盤性状から受ける影響が小さく、地下水位自体の分布に支配されるものと考えられる。

(4)本調査結果から推定される岩盤性状・地下水分布

(1)~(3)を踏まえ地質、岩盤状況、地下水位を評価し作成した地質断面図を図-8、図-9に示す。

空中電磁探査で得られる比抵抗は様々な要因で変化する。必要に応じて適切な調査を合わせて実施し、総合的に検討することで、精度の高い広域の地質情報の取得が期待できる。

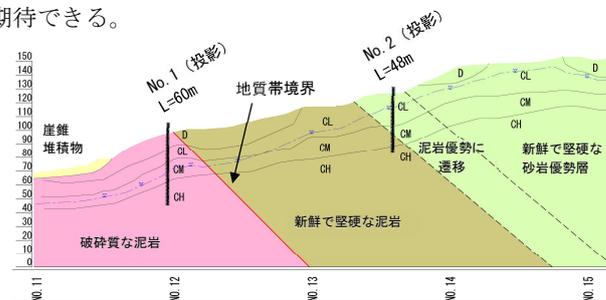


図-8 地質断面図(調査地 A)

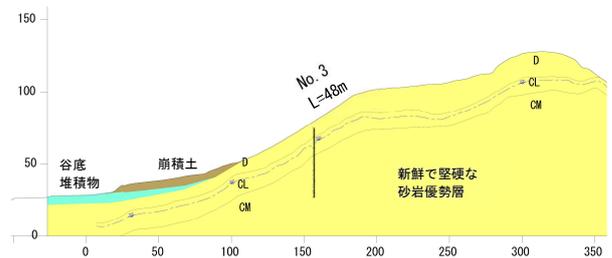


図-9 地質断面図(調査地 B)

《引用・参考文献》

- 1) 比抵抗密度探査に基づく地盤評価に関する調査・研究委員会-講習・研究検討会テキスト。(公社)土木学会関西支部. 1997, p. 107
- 2) 新版 物理探査の適用の手引き-土木物理探査マニュアル2008-。(公社)物理探査学会. 2008-10-21, p. 261