

石灰岩露岩地域における GPR 計測

Application of GPR at exposure field

幕内 歩 [1]; 高橋 武春 [2]; 濱 友紀 [2]; 西山 えるむ [2]; 松尾 公一 [1]

Ayumu Makuuchi[1]; Takeharu Takahashi[2]; Yuki Hama[2]; Erumu Nishiyama[2]; Koichi Matsuo[1]

[1] 日鉄鉱コンサル; [2] 日鉄鉱業・資源開発・技術開発

[1] NMCC; [2] Tech. Dev. & Energy Sec,

Resources Dev. Dept.,

NITTETSU MINING

<http://www.nmconsults.co.jp/>

地中レーダ探査は、地下浅部を非破壊で簡便・高精度に探査できる技術として、埋設物や空洞探査、コンクリート保全、遺跡調査、地下水調査、地雷探査、地質構造調査など、土木・防災・環境などの広い範囲に応用されている。

電波を利用する地中レーダ探査は、媒質の導電率に支配され電波が減衰を受けるため、地表に分布する導電率の高い土質地盤(表土)や地下水のために、探査深度が数 m 程度と小さいことが最大の欠点である。一方、露岩地域では、地表から比抵抗の高い岩盤が露出しているため、電波が減衰せず、通常的地中レーダ探査では考えられないような深度まで探査可能である。

本報告では、典型的な露岩地域である露天掘り石灰石鉱山で実施された GPR の様々な適用事例を紹介する。石灰石は自給率ほぼ 100 % を誇る地下資源であり、日本国内で 250 を越える鉱山が稼働し、そのほとんどが露天掘りによる採掘である。石灰石岩盤という数 100ohm・m 以上の高比抵抗媒質が露出したフィールドであることから、電波が減衰しにくく、探査深度数 10m を確保することが可能であり、地中レーダ探査にとって最も適しているフィールドの 1 つと考えることができる。

1. 地質境界調査

表土、石灰岩、粘板岩などは、物性(比誘電率、比抵抗)が異なるため、地中レーダ探査により区分することが可能である。鉱山においては、鉱量や採掘計画を考える上で、鉱石の分布を正確に把握することが必要となる。ある鉱山の新規地域開発時の表土被り厚さ(表土-石灰岩境界)調査では、80,40,20MHz アンテナを用いて、地表付近に犬牙状に残る石灰岩を覆う深度 15m 程度までの表土の厚さを、反射面として捉えることができた。また、電波の減衰を指標とした岩種区分調査も試みられている。比抵抗の高い石灰石は、電波が減衰しないため、地中レーダ記録の深部まで反射波が得られるのに対し、粘土、粘板岩等の挟雑悪石では、石灰石に比べ比抵抗が低く電波の減衰が著しい。電波の減衰の程度を指標として、粘土で充填されたドリーネの分布や、粘土混じり石灰岩、剥土岩となるその他の岩石(粘板岩、輝緑凝灰岩)の分布を把握することが可能となってきている。

2. 亀裂調査

粘土などが充填されている開口亀裂は、周囲の岩盤と物性(比誘電率)が異なるため、地中レーダ探査において連続性の良い反射面として検出可能である。鉱山においては、岩盤斜面の安全性を評価する上で、亀裂の把握が必要となる。ある鉱山では、採掘切羽レベルから約 30m 下の山腹斜面急崖上に空洞が認められ、この空洞から連続する亀裂の分布を把握するために地中レーダ探査を実施した。この空洞は奥行き数 m 程度で閉じているが、岩盤の亀裂に沿って発達しており、この亀裂の方向・傾斜によっては、採掘の際に上部岩塊の滑落等危険を伴う可能性が懸念された。採掘フロア上に測線を設定し、200,80,40MHz アンテナで測定したところ、深度 30m 程度までに連続性の良い顕著な反射面が複数認められ、そのうち 1 枚の反射面は約 20 度の傾斜で崖側に落ちており、延長すると空洞の深度に対応することが確認された。確認のため探り掘りを実施したところ、この反射面の深度に対応して粘土を挟むゾーンに当たり、今後の採掘の際に十分留意する必要があることが示された。また、ある鉱山では、残壁に平行に破断面(鏡肌)が発達しており、残壁の安全性確保のため、残壁面形成前に地中レーダ探査を実施し、破断面の分布を把握する試みがなされている。

3. 空洞調査

空洞調査は地中レーダ探査にとって最も得意とする調査の 1 つであり、石灰石と空洞の境界で強く明瞭な反射波が特徴的な反射パターンを伴い発生する。鉱山においては、操業の安全性を確保する上で、空洞の把握が必要となる。ある鉱山では、かつて坑内掘りをしていた頃の採掘跡空洞を把握する必要があり 200MHz アンテナで測定したところ、地表下 3~10m までの面的な空洞上盤の分布を把握することができ、崩落の危険性のある箇所や、既存の坑道図では記載されていない空洞が抽出された。また、ある鉱山では、坑道の位置を正確に把握する必要があり、40MHz アンテナを用いて坑道を横切る方向で測定したところ、深度 35m 程度に位置する坑道から明瞭な反射パターンを得た。