

(61) 電磁探査 (V L F 法) による断層破碎帯の調査事例

愛媛大学工学部 正会員 矢田部龍一, 横田公忠, 稲田善紀
アースコンサルタント 正会員 ○ 彦坂章仁

Investigation of Fault Zone by EM-Survey (VLF-Method)

Ryuichi YATABE, Kimitada YOKOTA & Yoshinori INADA, Ehime University
Akihito HIKOSAKA, Earth Consultant Co., Ltd.

Abstract

Recently the method of VLF (Very Low Frequency) geophysical soundings are frequently used. In the VLF method, the source of the primary electromagnetic is a transmitter operating in the VLF frequency band (15-30kHz). The method of VLF is well known as quick mapping tools of near surface features.

Four sites of the fractured zone at Shikoku diatrict in Japan were investigated by WADI-VLF. WADI is the name of a VLF instrument from ABEM. Two sites are the faults of Izumi zone near the Chuo-Tectonic Line, and the others are the faults of Sanbagawa and Mikabu zone.

In the investigation of the faults of Sanbagawa and Mikabu zone, the location and structure fractured zone were obviously obtained by the VLF survey. In the others sites, the angle of inclination of fractured zone is confirmed.

1. まえがき

土木構造物の設計・施工にあたり、それらの支持地盤および斜面等に断層破碎帯が存在する場合、対策を検討するために広範囲にわたる地形図や地質図による検討がなされ、つづいて現地において各種の地盤探査が実施される。近年、山岳部においても大規模な建設工事が行われるようになってきており断層破碎帯に起因するのり面崩壊などの事例が増加してきている。これは一般に行われている地表踏査や点の情報としてのボーリングコアに基づく判断だけでは断層破碎帯の存在を見落としていることが多いからである。簡便かつ面的な調査法の確立が必要である。

そこで、電磁探査の1種である超長波を利用したV L F法を用いて断層破碎帯の調査を行った。この装置は最近断層破碎帯の調査に使われはじめたものであるが¹⁾、軽量かつ簡便という特徴をもっている。今回、四国の4地点でV L F法による調査を行った。本報告では、V L F法による調査結果を述べるとともに地表踏査結果やボーリング結果と比較検討することによりV L F法の断層破碎帯調査への適用性を検討した結果を述べる。

2. 電磁探査 (V L F 法) の概要

V L F法は世界各地に設置された超長波 (V L F) 送信局からの電波を利用する受動方式の電磁法である。今回使用した測定器は、スウェーデンのA B E M社の開発したW A D Iである。測定結果の解析は、付随の解析ソフトを使用した。

V L F波 (15 ~ 30 k H z) は地形の影響を受けにくく、安定した通信が可能であるので長距離通信に使用されている。V L Fの磁界成分を利用し、この1次水平磁界を測定し、電気導性の優れた地質構造 (多くの割れ目と多量の水や鉱床的なもの) から発生する2次の垂直磁界を測定する。1次磁界と2次磁界の比

を計算し、それらを元に振幅の比 (REAL) と位相差 (IMAGINARY) を計算して表示する。地盤内の電流密度の変化を強調するため、KAROUS と HJELT によって設計されたフィルターを用いている²⁾。このフィルターによる計算結果の出力は、地中での任意の深さの電流密度を表示している。図-1 に VLF 法の原理模式図を示している。

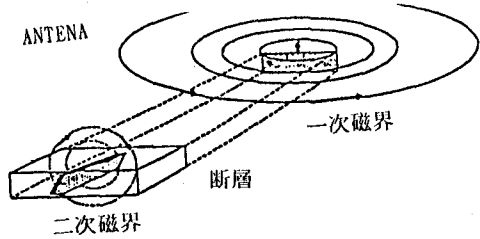


図-1 VLF法の原理模式図

3. VLF法による調査事例

ボーリング結果と表層の地形・地質解析などから断層破砕帯の存在が想定される4地点においてVLF法による電磁探査を行った。

3.1 御荷鉾帯の一断層破砕帯

本調査地は地すべり地頭部に位置する断層破砕帯と思われる箇所である。地質図に断層破砕帯の記載はないが、ボーリング調査により確認された破砕された黒色千枚岩の存在と地形解析から断層破砕帯の存在が想定された。弾性波探査も行われているが、断層破砕帯の存在を思わせるデータは認められない。なお、本調査地の基盤岩の大半は御荷鉾の緑色岩である。

図-2 に平面図を示す。図にはボーリング結果と地形解析とから想定された断層破砕帯の方向を破線で、また、電磁探査により得られた断層破砕帯の方向を一点鎖線で示している。なお、電磁探査の測線はA、B、Cの3測線である。図-3 にB測線の断面図を示す。図にはボーリング結果と地形解析から想定された断層破砕帯と電磁探査により得られた断層破砕帯も示してある。

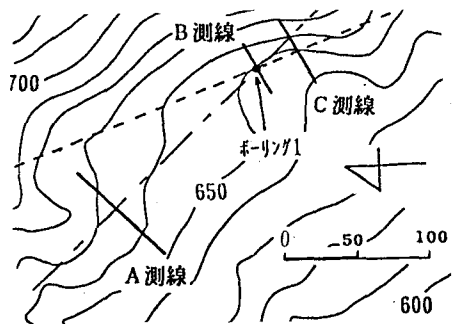


図-2 平面図

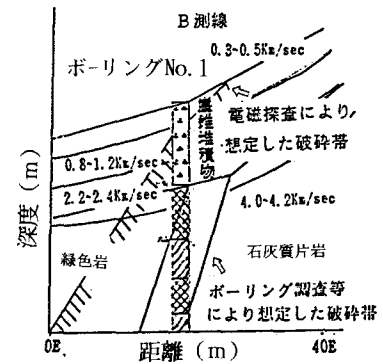


図-3 断面図

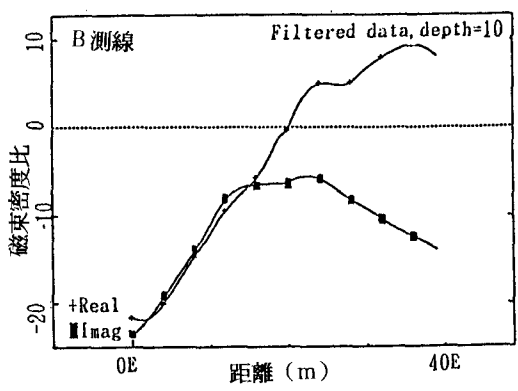
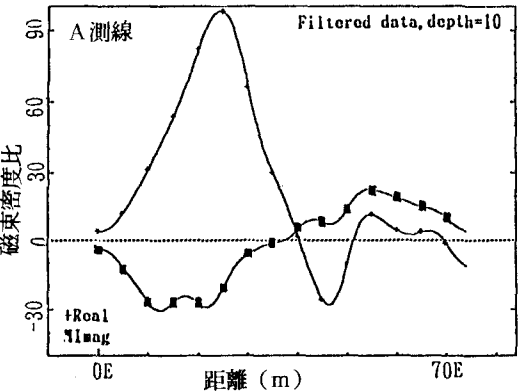


図-4、5 フィルタードデータ

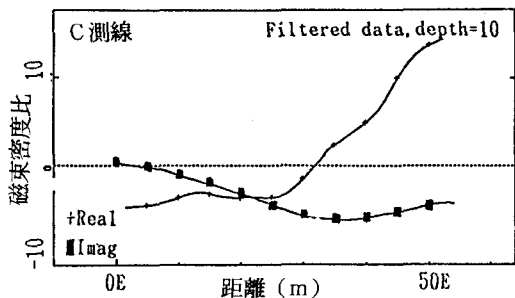


図-6 フィルタードデータ

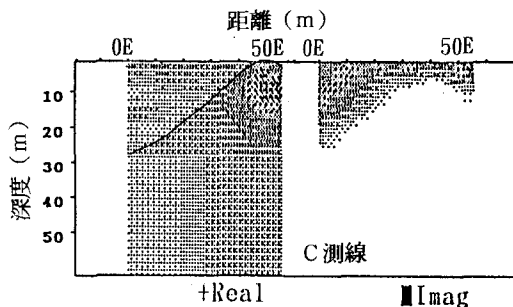


図-7 磁束密度比の断面図

基づいて、当初、破線のような方向を想定していた。今回行った電磁探査により得られた断層破碎帯の方向は当初のものとは若干異なるが、電磁探査によるものの方が信頼度が高いと思われる。それはB測線上でボーリング調査により確認された断層破碎帯の位置と電磁探査によるそれとが比較的良く合致したことから電磁探査により得られたA、B、C測線上における断層破碎帯の位置がほぼ一直線上にあるからである。

図-7にC測線の磁束密度比の断面図を示す。これから図に示すような断層破碎帯の存在と傾斜方向を把握することができる。これにより得られた地中の断層破碎帯の位置を図-3に示してある。断層破碎帯の下部の位置が確認されただけで上部方向は不明であるが、これは上部方向への測線が短かったためである。

3. 2 三波川帯の一断層破碎帯

本調査地は20万分の1地質図にも記載されている断層破碎帯である。図-8に平面図を示す。平面図には電磁探査およびボーリング調査により得られた断層破碎帯を一点鎖線で示してある。平面図からは断層にみられる典型的なケルンコル、ケルンバット地形を読み取ることができる。基盤岩の大部分は泥質片岩であり、北東部及び南端部に緑色片岩が分布している。なお、B測線では弾性波調査が行われているが、断層破碎帯の存在を想定させるようなデータは得られていない。

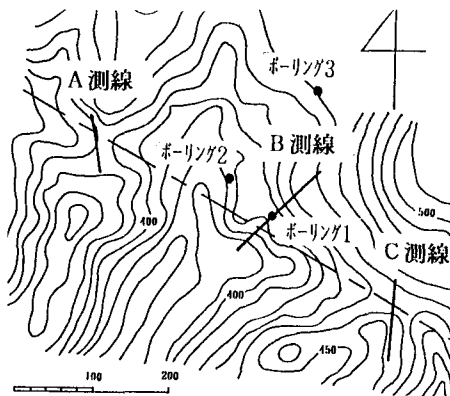


図-8 平面図

電磁探査は図-8示すA、B、Cの3測線で行った。測線A、Cのフィルタードデータを図-9、10に、B測線のオリジナルデータを図-11に示す。図-11ではReal部とImaginary部ともに激しく変化しているが、これは断層を意味しているものではなく、測線上の数カ所に電線が走っていたせいであると思われる。図-9、図-10ではReal部がImaginary部より大きく、断層破碎帯の存在を想定することができる。図-8に電磁探査とボーリング結果をもとに想定される断層の方向を示している。測線A、Cでは電磁探査の結果をもとに、測線Bでは電磁探査により断

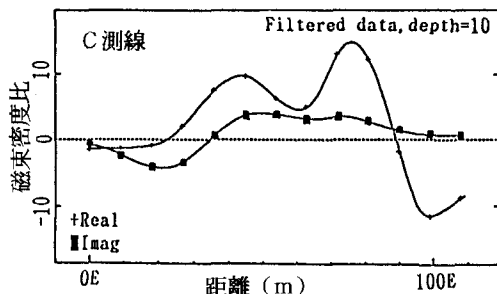
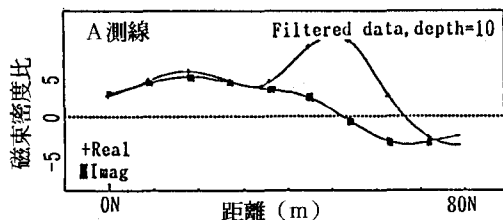


図-9, 10 フィルタードデータ

層位置を確認することができなかったためボーリングに基づいて位置を決定している。ボーリングNo. 1は全体が破碎の激しい泥質片岩で、粘土化した部分もある。今回のボーリングは深さ40mまで行われているが、着岩していない。ボーリングNo. 2, 3はNo. 1よりわずかに離れた所に位置しているが、それぞれ泥質片岩と緑色片岩でいずれも比較的堅硬であり、10m程度で着岩している。これよりボーリングNo. 1の近くを断層破碎帯が通っていることがわかる。今回の調査では断層破碎帯がほぼ一直線上に求められていることと、地形的・地質的な観点からも電磁探査により求められた断層破碎帯の位置はほぼ間違いのないものと考えられる。

図-12, 13にA, C測線の磁束密度比の断面図を示す。これから断層破碎帯と思われる部分がはっきりと識別される。図-14にB測線の断面図を示す。B測線の断面図には弾性波試験結果とボーリングNo. 1の柱状図および地質ならびにボーリング結果などより想定される断層を示している。これから電磁探査による断層破碎帯とボーリングなどに基づいて想定された断層破碎帯とは比較的良く一致していることがわかる。

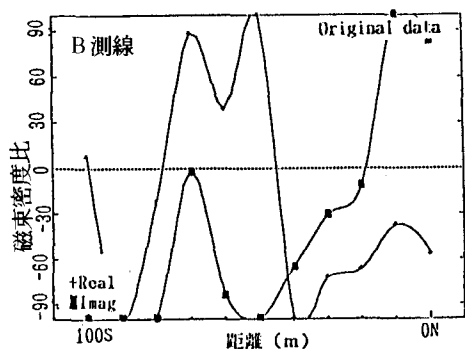


図-11 オリジナルデータ

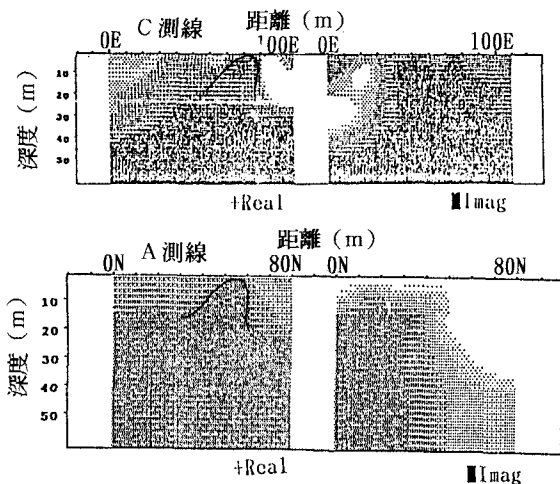


図-12, 13 磁束密度比の断面図

3. 3 砥部の衝上断層

本調査地は国の天然記念物(昭和13年指定)になっている断層露頭の横である。中央構造線は北に位置する和泉層群と南に分布する久万層群を境している。地形的にはほぼ平坦地であるので平面図は省略する。調査は砥部衝上断層から北方へ約20mの所から北方向へ行った。したがって、和泉層群の破碎部だけを調査しており、中央構造線そのものを跨いだ調査にはなっていない。これは民家などの障害物の関係で測線が取れなかったからである。

図-15にフィルタードデータを、図-16に磁束密度比の断面図を示す。

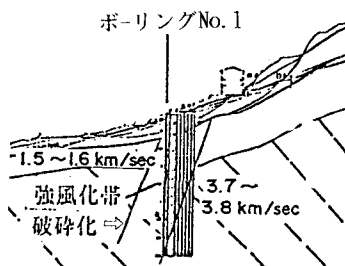


図-14 B測線の断面図

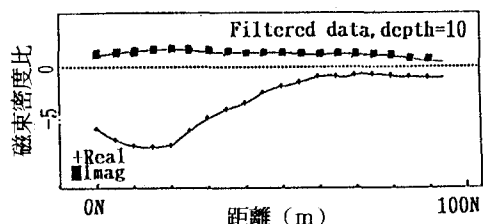


図-15 フィルタードデータ

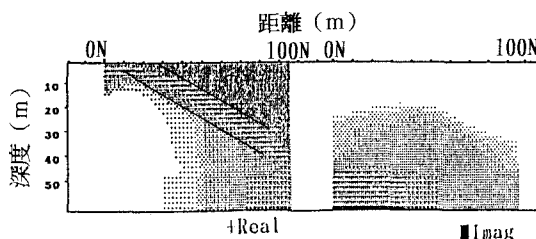


図-16 磁束密度比の断面図

フィルタードデータをみるとReal部がImaginary部より小さく高導電体があることを示している。高橋らの報告³⁾によると断層の下盤である久万層群は破碎されていないが、上盤である和泉層群は破碎されていることがボーリング調査により確認されている。破碎部であれば良導電体であるはずであるが、調査結果は逆になっている。これは、中央構造線を跨いだ調査を行うことができず、和泉の破碎部分だけを調査したことによる原因があるかもしれない。新鮮な部分と破碎した部分の両者に跨がる測線の設定が必要と思われる。断面図からは27~28°の北落ちが読み取れるが、これは砥部の衝上断層の傾斜方向、角度とも従来確認されているものと一致している。これから電磁探査により地質構造の把握はできていることがわかる。

3. 4 中央構造線沿いの破碎部

本調査地は中央構造線に沿った和泉層群の破碎帯である。垂直および水平ボーリングにより和泉層の破碎部と硬岩部が確認されている。ボーリングにより明らかになった破碎帯の断面図を図-17に示す。フィルタードデータを図-18に、磁束密度比の断面図を図-19に示す。フィルタードデータからは断層破碎帯の存在は一応確認できるがあまり明瞭なものではない。磁束密度比の断面図からも一応断層破碎帯を識別できるようである。本調査地に関しては電磁探査により明確には断層破碎帯を把握できなかったが、測線の長さも若干足りなかったように思われる。

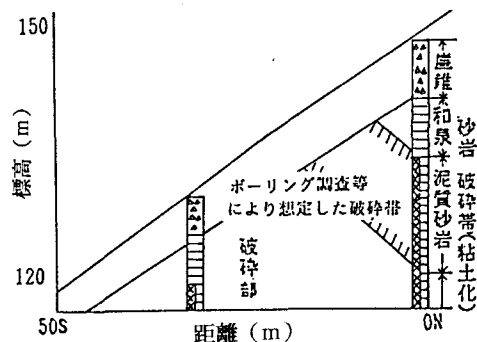


図-17 断面図

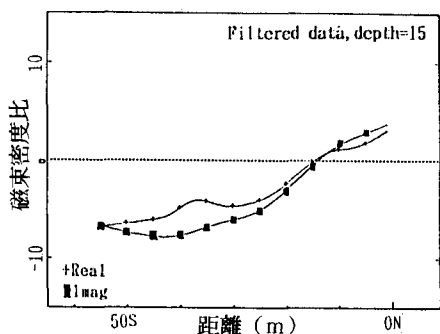


図-18 フィルタードデータ

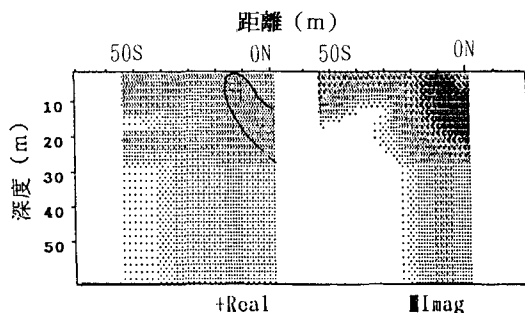


図-19 磁束密度比の断面図

4. あとがき

VLF法による電磁調査を行った結果、いずれの地点においても断層破碎帯と思われる箇所の存在と傾斜方向を確認することができた。ただし、測定距離が短く、測定点数が少ない場合や電線などの障害物がある場合などにはよい結果は得られなかった。しかし、手軽で安定性と信頼性が良く安価であることを考えれば断層破碎帯の有力な調査法になり得ると思われる。調査の際にお世話になった関係諸機関、諸氏に厚く感謝致します。

参考文献

- 1) 田中保士, 胡麻景子, 荒井克彦: VLF (電磁波) 法による地盤調査, 第25回土質工学研究発表会講演概要集, PP. 209-210, 1990.
- 2) M. KAROUS and S.E. HJELT: LINEAR FILTER OF VLF DIP-ANGLE MEASUREMENTS, Geophysical Prospecting 31 pp. 782-794, 1983
- 3) 高橋治郎, 大龍昭智, 山内昭広: 砥部衝上断層近くでのボーリング結果について, 愛媛大学教育学部紀要, 第三部, 自然科学, 13-1, PP. 9-13, 1992.