

BHTV（超音波検層）によるすべり面解析について

山形森林管理署 新庄事務所 ○芦田真亜

1. はじめに

最近、BHTV (borehole televiewer) 検層を地すべりのすべり面探査に適用する試みがなされている。BHTVは超音波を利用したスキャナーシステムで、光学式ボアホールカメラとの大きな違いは、①孔内の泥水や塩ビ管等の障害物の影響をうけず観測できる。②超音波の反射強度の差異から岩盤物性の違いが測定できる。③超音波の反射時間から亀裂の開口性が測定できる。という点である。

地すべり地内の調査孔内は泥水で満たされる場合が多く、また、地質が脆弱であるため、孔壁崩壊の危険性が伴うことから上記①の特徴は地すべり調査に有効である。②に着目すると、すべり面粘土と基岩の物性の違いからすべり面構造の定量的評価が期待できる。③は、音波は媒質の温度が一定であれば固有の音速を持つため、孔壁の反射時間によって孔壁までの距離が測定でき、孔壁の形状（開口亀裂など）が測定できる。

以下に銅山川地区直轄地すべり防止事業地において、ボーリングコアによるすべり面判定とBHTVを使用したすべり面判定の比較を実施したので報告する。

2. BHTVの測定原理

BHTV検層は、超音波（周波数 1.5MHz）を孔壁に発射し、孔壁からの反射波の強度と反射時間を測定する検層である。音波は未風化岩では反射率が高く、風化岩から粘土へと反射率が低くなり、それについて孔壁から反射した音波強度も低下していく。また、反射時間によって、孔壁までの距離を計測することが可能なため、孔壁の形状を測定することができる。

振動子から発射された超音波は、360°回転するミラーによって孔壁方向へと反射され、ゾンデを昇降することでらせん状に孔壁を3次元走査する。ゾンデ内にはマグネットメーターと加速度計が内蔵されており方位と傾斜を知ることができる。BHTVによる孔壁画像は、計測された反射強度と反射時間の値を、色によって区分し視覚的に判断できるよう表示される。

ここでは反射強度は、強度が高い（孔壁が硬質な）ほど明色系で表示され、強度が低い（孔壁が軟質な）ほど暗色系で表示される。また、反射時間は時間が長い（孔壁までの距離が遠い）ほど明色系で表示され、時間が短い（孔壁までの距離が近い）ほど暗色系で表示される。

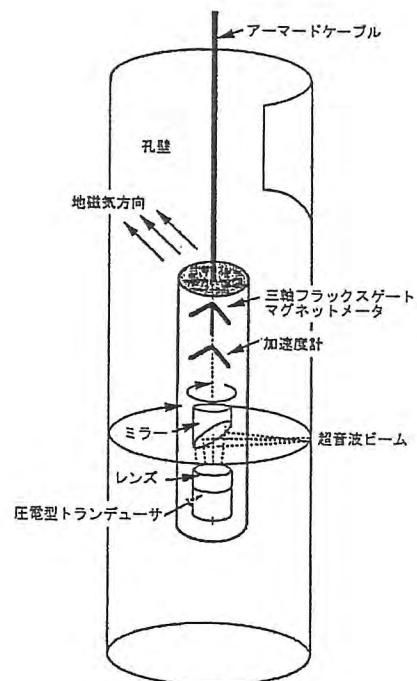


図2. 1 BHTVの測定構造

3. 銅山川直轄地すべり防止事業地の孔壁画像解析

3.1 銅山川地区直轄地すべり防止事業地の地すべり概要

銅山川地区直轄地すべり防止事業地は、山形県最上郡大蔵村内で一級河川銅山川に面する平均幅約900m、最大斜面長約1,100mの大規模な第三紀層地すべりである。最大深さ約150mを有し、融雪期に滑動する岩盤地すべりである。地すべり地は肘折火山による火山性丘陵となっており、固結度が低く脆弱な火山噴出物（シラス）が砂質泥岩および凝灰質砂岩の上位に厚く堆積している。

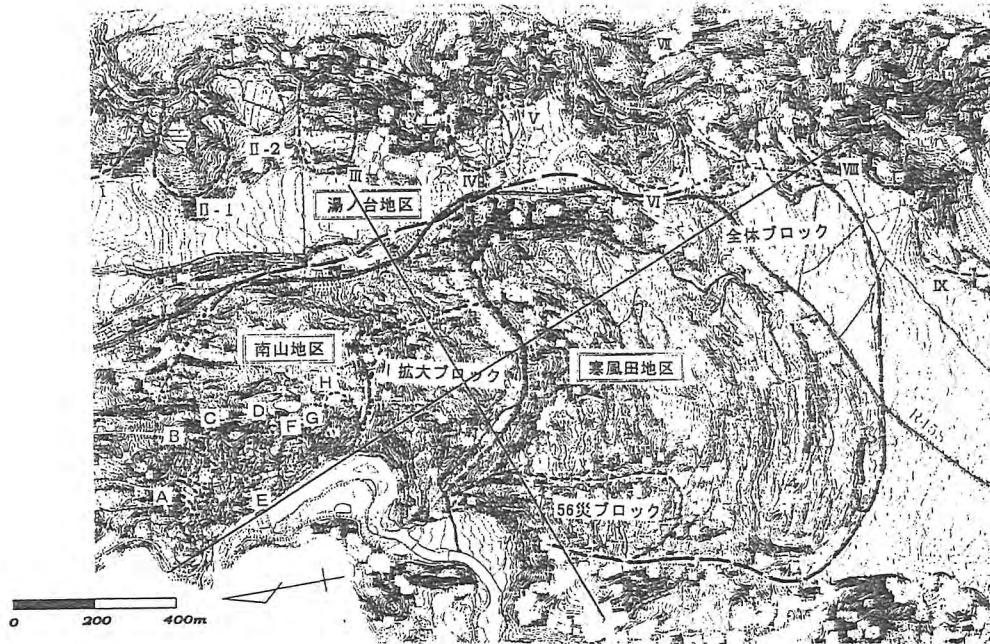


図3.1 銅山川地すべり平面図 (図中の実線は縦横断面の位置を示す)

すべり面は、砂質泥岩の層理面に形成され、ほぼ南北を走向方向とし、東に約10° 傾斜することから、すべり面の横断形は右側壁側ほど深くなる。

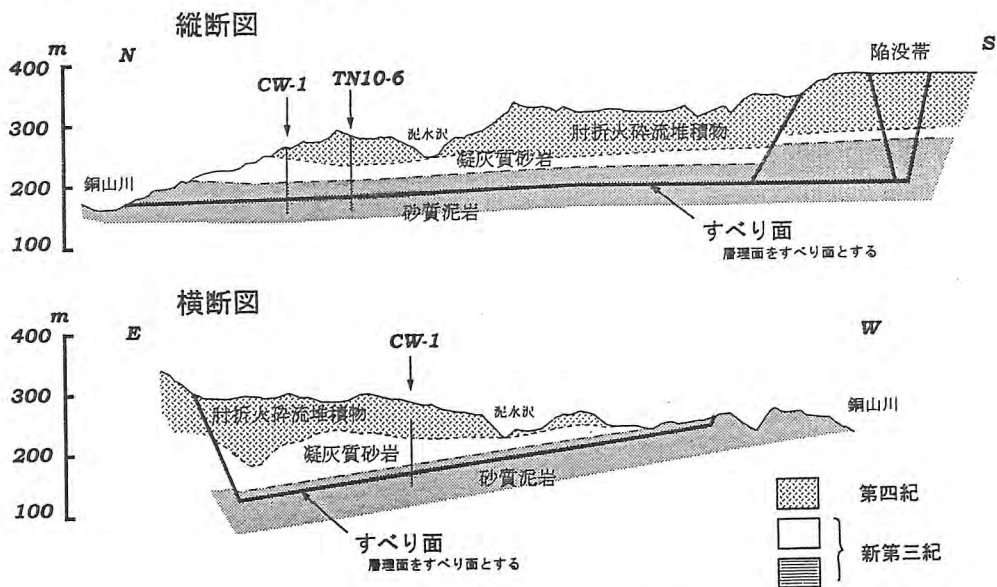


図3.2 銅山川地すべり縦横断面図

(2) BHTV (超音波検層) 結果

図3. 5 にCW-1孔出の検層結果を示す。解析画像は左から、①反射強度と反射時間の3D表示、②コア写真、③反射時間展開画像、④反射強度展開画像、⑤反射強度の最高値と最低値の変化曲線、⑥構造解析である。ここでは反射強度の弱い軟質部は暗部、強い硬質部は明部として表示し、反射時間は孔壁までの距離が小さい場合に暗部、大きい場合に明部として表示している。展開画像については、左からN・S・E・Wである。また、3D画像は色が孔壁の反射強度を、画像の幅が反射時間を示す。

深度92.05m以浅では孔壁の反射強度は低く、反射時間も大きく一定していない。反射強度・反射時間ともに、硬質部と軟質部が緩い傾斜で積み重なった層理構造が明瞭にみられる。このような部分では硬質部と破碎部あるいは粘土化部との硬軟の差が大きいので、孔壁は一定の径を形成できない。

一方、92.05m以深では、反射波の状況が大きく変化している。反射強度が急激に大きくなり高く一定した値を示し、粘土や亀裂がほとんどない安定した基岩であることを示している。このため孔壁はスムーズで反射時間もほぼ一定している。

以上のように、孔壁画像は図に示すボーリングコアと非常に良好な対応を示している。移動層と基岩の境界の構造は、走向NS・傾斜10°Eであり、地すべり地のすべり面構造と調和的であり、BHTV (超音波検層) が地すべりのすべり面・地質構造解析に有効な手段であることが示されている。

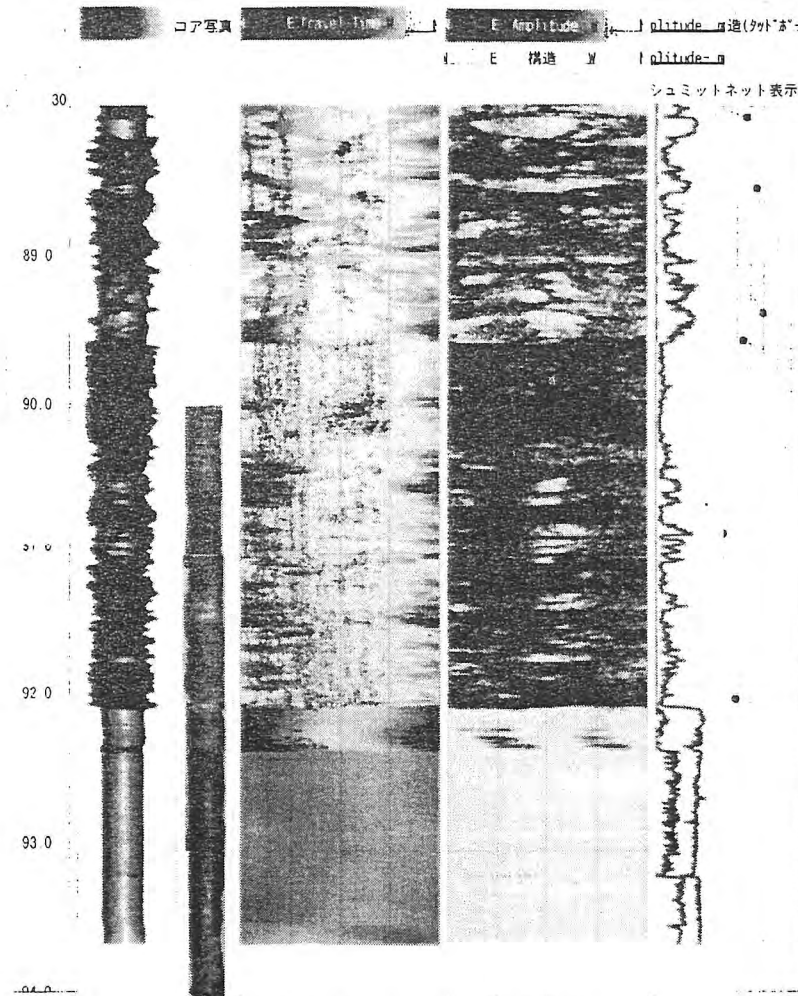


図3. 5 CW-1孔BHTV解析画像

BHTVを実施した箇所は、図3. 3 に示すCW-1孔である。

CW-1孔の隣接するTN10-6孔では、地層の層界付近となる深度95.5mでは明瞭な歪累積と測桿異常も確認され、すべり面が確定されている。

これに対しCW-1の地層の明確な層界は92.05mであり、同深度がすべり面と想定される。

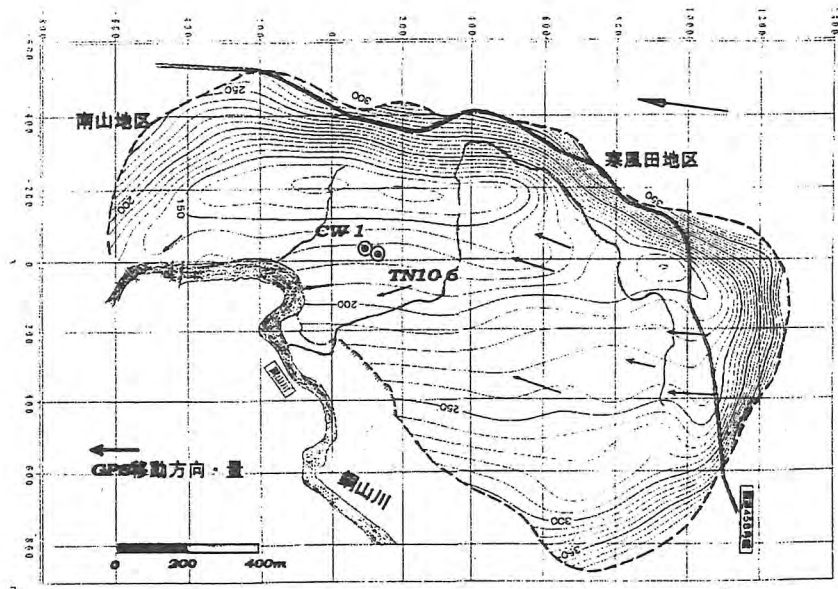


図3. 3 銅山川地すべりのすべり面等高線図とBHTV実施位置

3. 2 CW-1孔孔壁画像解析

(1) CW-1孔ボーリングコア

CW-1孔の深度90~94mまでのボーリングコアを図3. 4 に示す。いずれも黒色を呈する砂質泥岩であるが、深度92.05mを境に大きく岩相が変化する。深度92.05m以浅は、破碎され痩せたコアとして採取される風化部であるが、92.05m以深は非常に硬質で新鮮な未風化岩である。

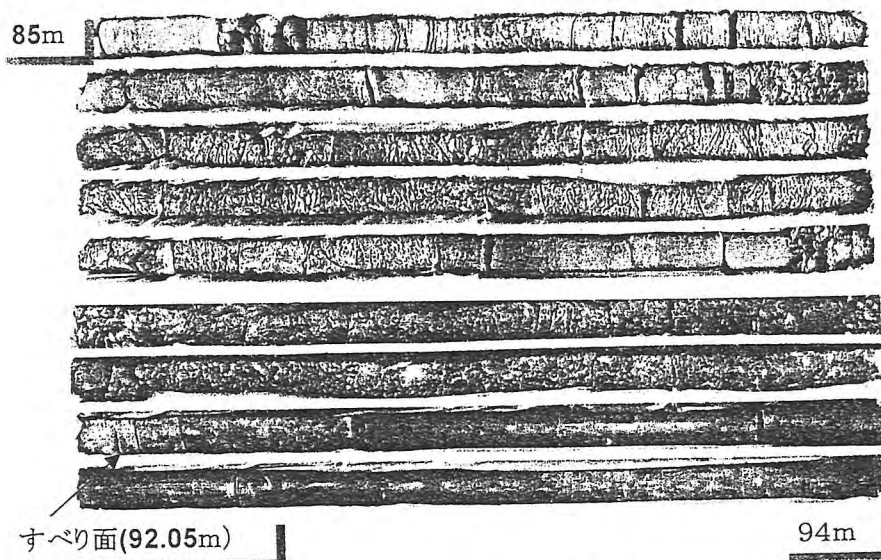


図3. 4 CW-1コア写真

4. おわりに

すべり面の把握は、地すべり機構解析において極めて重要であり、この結果が地すべり防止工事計画に大きな影響を与える。

従来、すべり面を判定する手段として、コア判定、ひずみ計等による動態観測、地下水検層による有圧水の検出等を用いて、この結果を総合的に判定してきた。

BHTVはすべり面の定量的把握が可能であり、BHTVがすべり面判定手法に加わることで、その解析精度は著しく向上するものと考えられる。

今回は既に種々の調査を実施している銅山川地すべりでの検証であったが、今後は調査の初期段階からBHTVを実施し、その解析結果を対策工計画に有効に活用したいと考える。