

地すべり地におけるすべり面形状の推定

信州大学工学部 正会員 吉澤孝和 ○学生員 細川容宏

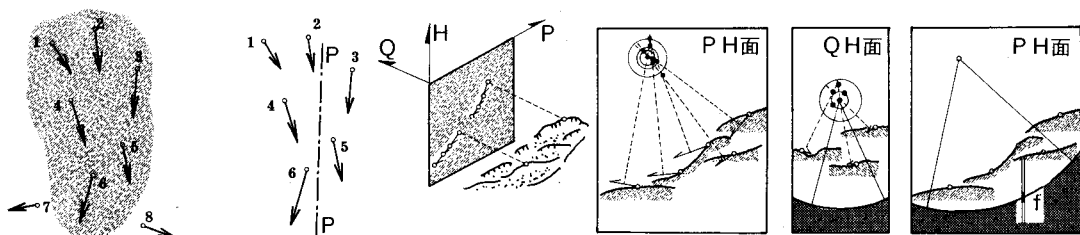
【はじめに】 地すべり現象は多種多様である。一般に小規模な地すべりは数日から数カ月のうちに終結するが、大規模な地すべりになると数年から数十年以上にわたってマス・ムーブメントが続く。また、ある地域で点的に発生していたきわめて小規模な地すべりや崩落が、数年後にはその地域全体を巻きこむような大規模地すべりに発達してしまう例も多い。これは散発的な地すべりや崩落が、潜在していた大規模地すべりの前兆であつたことを物語っている。大規模地すべりは概してすべり面の深さが数十メートル以上にわたり、ボーリング等によつてすべり面の位置をとらえることはきわめて困難なものである。

【研究目的】 地すべり地の地表に設けた測点に関する精密四次元測量データを解析することにより、地下のすべり面の位置とその形状を推定し、すべり面と地表面との交線を求めて地すべりの影響範囲を予測することを目的とする。研究の対象とする地すべりは、広大な地域を含み、移動速度が年間数cm程度の緩慢なもので、すべり面が深いものである、このような地すべりが都市や主要交通施設に接近して発生した場合、その影響範囲を特定し防災対策を講ずることは極めて重要なことである。四次元測量データ解析は防災対策の資料提供のための有効な手段と言える。

【現地観測】 堅固な土塊に山型鋼等を打ちこみ、地中三脚状にして頂部を地表近くで連結する。その上にコンクリート柱を立てて測点とする。観測は光波測距儀とセオドライトを用い、現地から1-2キロ離れた安定地盤上の複数の観測点から測定したデータを用いて測点の三次元座標値を求める。観測は数日から数カ月の適当な時間差をおいて行われる。このようにして得られた時系列三次元測量データを四次元測量データと定義する。

【解析手法】 解析上の仮定として、地すべり地内に設けた測点は土塊と一体化してすべり面上を移動し、土塊は移動により破壊や変形を生じないものと仮定する。この仮定は前記のような移動速度の遅い地すべりに対しては妥当である。以下、地すべりの主移動方向にとつた断面内でのすべり面の形状を円弧と仮定した場合の解析手順を述べる。

- (1)データ・グループの選定： 水平投影面上での移動ベクトルが類似の特性を有する測点をひとつのグループとする。
- (2)平均移動方向の決定： 各測点の移動ベクトルを用い、最小二乗法により平均移動方向を定める。
- (3)投影断面図上の移動特性： 平均移動方向と平行な鉛直投影面上に各測点の変位の軌跡を投影する。
- (4)円弧すべり面中心座標値： 上記(3)の断面内ではすべり面は円弧形状をなすものと仮定する。上記の仮定により各測点の投影面上における変位の軌跡は、同心円的な運動をなすはずである。このことを利用して、幾何学的な手法または最小二乗法により円弧すべり面の回転中心座標値を算定する。
- (5)ローリングの中心座標値： 地すべりの主移動方向と直交する断面内においても上記(3)(4)の手順を行うと、土塊の運動にローリングが含まれる場合には、回転中心の座標値が収束する。
- (6)地下すべり面の推定： 上記(3)の投影断面図上において、地すべり地内のせん断破壊点（頭部滑落・末端隆起部・ボーリングで得たせん断断面など）が1点与えられれば、(4)で得られた回転中心とこの点を結ぶ直線を半径とする円弧を描くことにより地下のすべり面を推定できる。せん断破壊点が多数ある場合は描かれた円弧と一致する度合を見て、推定の精度を評価できる。



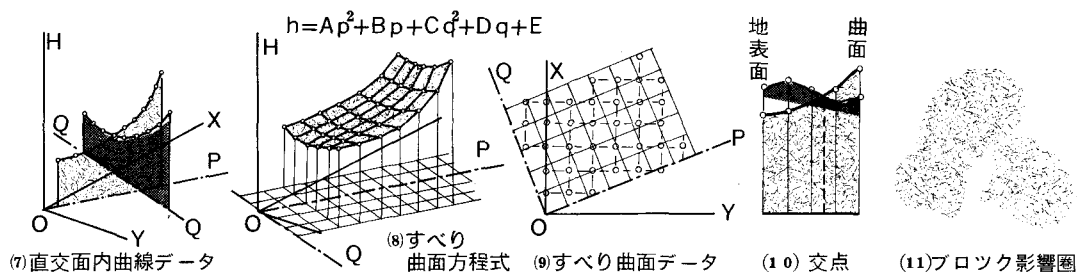
(1)グループ選定

(2)平均移動方向 (3)投影断面図

(4)すべり回転中心

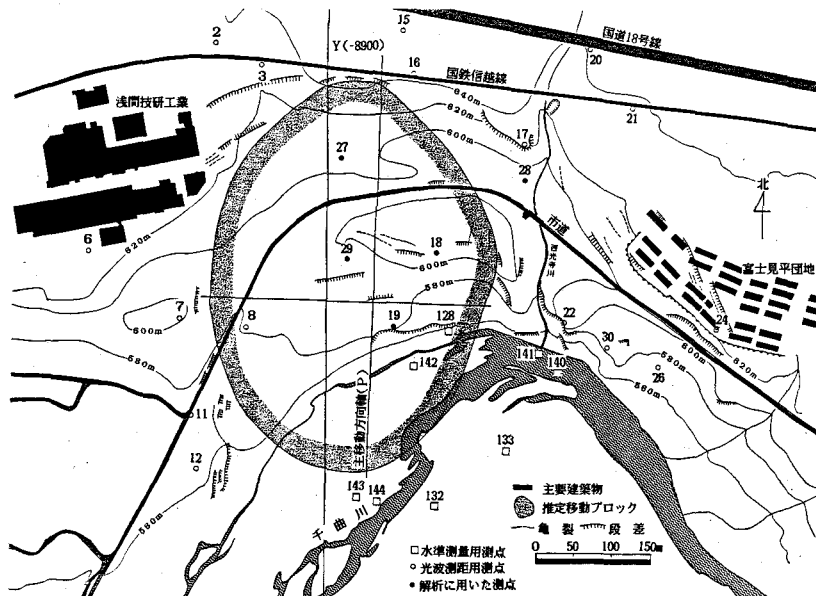
(5)ローリング

(6)円弧すべり面推定



- (7) 投影面内円曲線データ： (6) で得られた円曲線を，平均移動方向の P 軸，これと直交する Q 軸及び鉛直方向の H 軸による三次元座標値データに変換する。Q 軸を含む投影断面図上でローリングが認められる場合は QH 投影面上でも円曲線を求めてデータに変換する。顕著なローリングが認められない場合は，P 軸から若干角度を振った投影面を用いてデータを作成する。
- (8) すべり曲面方程式： 最小二乗法により上のデータを用いて PQH 座標系による二次曲面方程式を求める。
- (9) 座標変換： PQH 座標系のデータを全体座標系 XYZH 上でのデータに変換する。
- (10) 地表との交点： 地表面形状のデータも XYZH 座標系によるメッシュデータであらわす。地表面と地下のすべり面が交わる位置を，XY 軸方向のメッシュ分割線上で求める。
- (11) 地すべり影響圏： 平面図上に地表面とすべり面の交線を作図して，その地すべりブロックの影響圏とする。地すべり地内において想定されるすべての移動ブロックについて得られた影響圏図を重ね合わせることで地すべり地全体に関する影響圏を推定することができる。
- (12) すべり面の形状： 各々の地すべりブロックについて得られたすべり二次曲面を重ね合わせることで，地下のすべり面の形状を推定する。

【解析例】地すべりブロックの影響圏に関する解析例を下図に示す。これは 1982 年 8 月に長野県小諸市の扇状地一帯に発生した大規模な地すべりである。千曲川の攻撃を受けて図示の地域全体が危険な状態であるが，移動量は年間数 cm 以下のために危険地域を特定することがむずかしい。しかしながら土地利用状況を見ると，防災上重要な地域である。地すべり地の中心部に位置する 5 個の測点：18, 19, 27, 28, 29 について得られた 83 年 4 月から 10 月までの 7 か月間の観測データ（この時期に移動が活発になる）を用いて，上記の手順により移動ブロックの影響圏を求めた。せん断破壊点は国鉄信越線に接して発生した段差の位置を用い，円弧すべり面を仮定して解析した。地すべり末端部の千曲川河床部においては現地の変状と適合しているが，上部においては測点 28 が影響圏外となるような不適合も生じている。このような問題に対する考察や解決の手法については，紙面の制限上割愛し，講演会において報告したい。



小諸市に発生した地すべり地におけるブロック影響圏の推定