

重み付き最小2乗法による地下すべり面の推定

信州大学工学部 ○学生員 峠輝幸 正会員 吉澤孝和

1. はじめに

地すべり地の地表に設定した、変位追跡点の三次元変位ベクトルを解析して地下すべり面の形状を推定する。地すべり地においては段差、亀裂などによって、分断されてブロック化した地山（土塊）がすべり面の上を移動する。この場合、移動するブロックの変形は、その移動量に比べて無視できるほど小さいという仮定が成り立つような地すべりに対して本研究の手法を適用できる。

一般に、移動ベクトルの精度は、測定の手法、測定時の条件、地山の性質等によって異なる。本研究は、このことを考慮して、新たに変位追跡点の分布と変位ベクトルの方向性に重みをつけた、最小2乗法を適用して地下すべり面形状を推定する。解析例として、兵庫県南部地震で発生した神戸市岡本地区の斜面崩壊を検討する。

2. 変位ベクトルに対する重みの設定

今回は、これまでの投影断面図上における円弧すべり面の解析手法に加えて以下の2種類の重みを設定する。

<1>変位追跡点の位置的な重み

解析用投影断面を地すべりの主移動方向（平面図上のP軸方向）と平行な鉛直面とし、平面図上で与えられた幅（B）のベルトに分布する変位追跡点の変位ベクトルを解析用のデータとする。各点の分布状況から重心軸を求め、重心軸からの各点の偏心量に応じて変位追跡点データに重みをつける。

図1の記号を用いて（i）点の重みを次のように設定する。

重心軸： $Q_g = \sum Q_i / N$ （N=変位追跡点の総数）

偏心量： $e_i = \text{ABS} (Q_i - Q_g)$

位置の重み： $K e_i = (B - e_i) / B$ （ $B = Q_{\text{MAX}} - Q_{\text{MIN}}$ ）

<2>移動方向の重み

変位追跡点（i）の変位ベクトルの方向と投影方向（P軸）との偏りに応じて重みをつける。図2の記号を用いて（i）点の重みを次のように設定する。

移動方向： $A_i = \text{TAN}^{-1} (y_{i2} - y_{i1}) / (x_{i2} - x_{i1})$

偏角： $d_i = A_i - A$

図2において移動ベクトルVのP軸上への投影量は $V \cos d_i$ であり、投影される割合は $\cos d_i$ となる。

よってベクトルの偏角に関する重みを次のように定める。 方向的重み： $K d_i = \cos d_i$

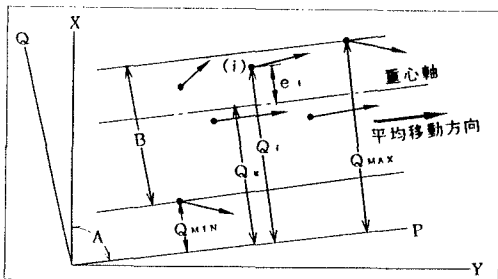


図1 平面座標系における変位ベクトル

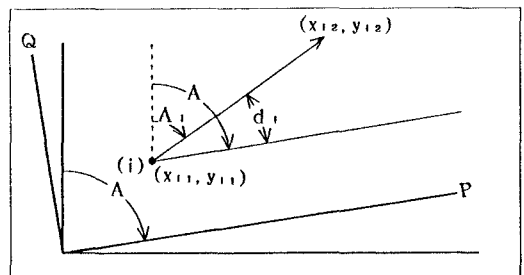


図2 投影面方向と変位ベクトルの方向差

3. 変位追跡点の選択

図3は神戸市岡本地区の平面図に兵庫県南部地震前後の空中写真から検出した変位追跡点の上下変動を記入したものである。西岡本六丁目と七丁目の間の斜面に道路の滑落を伴う地すべりが生じたが、空中写真測量の誤差を考慮して、すべり面解析では15cm以上の上下変動のあったデータを用いる。選択した変位追跡点と水平変位ベクトル及び解析用のベルトを図4に示す。

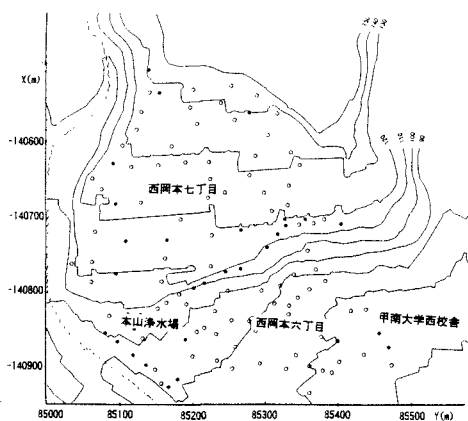


図3 西岡本地区変位追跡点図

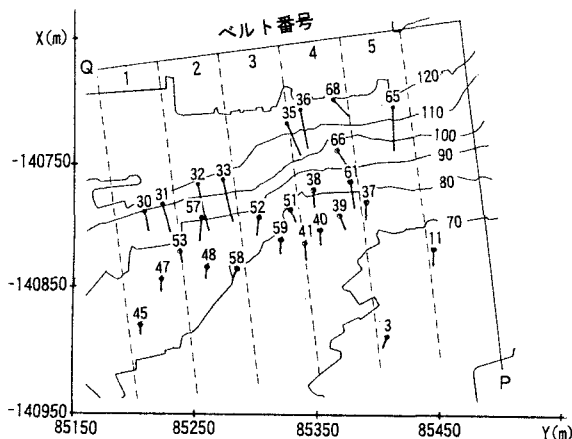


図4 解析用水平変位ベクトル図

4. 解析結果と考察

図5は、図4に示した全部の変位追跡点の平均移動方向にとった投影断面図の上に、各点の変位ベクトルを図示したものである。いずれの点も斜面の上方から下方に移動しているが、ベクトルの方向は上向きの傾向を示す。これは今回の地震による広域的な地盤の変位とみることもできる。図の中央付近に見られる下向きのベクトルは、上記の地すべりの頭部付近に位置する道路の滑落である。そこから下方の斜面に見られる、他よりも急勾配の上向きのベクトルは斜面崩壊の脚部の現象と判定される。この範囲（図4に示した諸点と同じ範囲）を単一の円弧すべり面で推定した場合の回転中心は図のA点である。図示の円弧はこの点を中心とした推定すべり面である。図5の全点を解析に用いた場合は、B点のような不合理な回転中心が得られた。図4の各ベルトごとに求めた回転中心の位置（標高）にはかなりのばらつきが見られた。

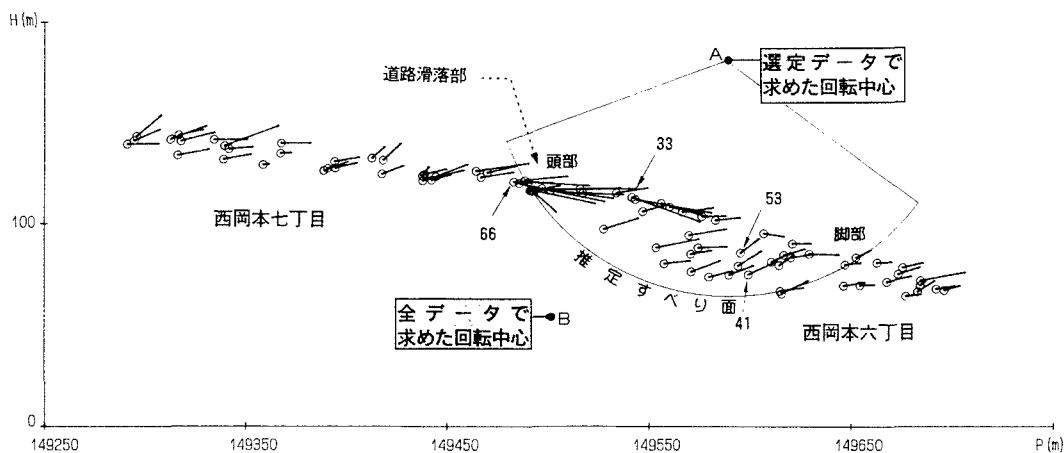


図5 平均移動方向にとった投影断面図におけるすべり面軌跡と回転中心