

1. はじめに

斜面災害防止のための調査あるいは斜面の被害状況の把握には、従来より現地踏査もしくは空中垂直写真の判読、測定という手法が主に用いられてきた。ところが、斜面災害が発生しやすい急勾配斜面やオーバーハング部では進入および接近が困難なために現地踏査が実施できず、また、撮影俯角の制限された垂直写真では重要な部分が死角となって判読、測定が実施困難となることがある問題点を抱えていた。このような問題点を解決する方法の一つとして斜め写真の利用が考えられる。

本報告は、昭和59年9月の長野県西部地震で発生した斜面崩壊のうち松越地区および滝越地区の崩壊地を選定し、崩壊地調査における斜め写真の通用性を検討した結果を報告するものである。

2. 斜め写真の撮影諸元および図化に用いた機器等

斜め写真の撮影諸元は、以下の通りである。なお、写真縮尺等は、松越地区での例である。

- ・天候：晴
- ・使用ヘリコプター：ベル206 B ジェットレンジャー
- ・計器速度：40～60ML/H
- ・使用カメラ：RC-8 (焦点距離  $f = 209.16\text{mm}$ )
- ・使用フィルム：コダック FEKカラー 2445
- ・撮影斜距離：450m
- ・撮影俯角：45°
- ・撮影方法：連続平行撮影
- ・オーバーラップ率：60%
- ・主点付近の撮影縮尺：1/2150

次に、斜め写真の測定、図化には以下の機器を用いた。

- 空中三角測量
- ・移写器：ステコメーター
- ・電子計算機：ACOS-350
- 測定、図化
- ・解析図化機：アビリオット AC-1
- ・電子計算機：ACOS-350

なお、測定、図化に際して基準点は国家基準点を使用し、さらに補助基準点を設置して垂直写真および斜め写真の2段標定を行なった。測定、図化結果は平面図、正射図、立面図（いずれも縮尺は1/500）としてまとめ、測定、図化の精度についても検討を加えた。

3. 松越地区の崩壊

3.1 崩壊地の判読

松越地区の崩壊地の立体斜め写真を写真-1に、また、判読図を図-1に示す。斜め写真での崩壊地の地形、地質の判読結果は以下の通りである。

崩壊は段丘面を深くえぐるように発生し、その平面

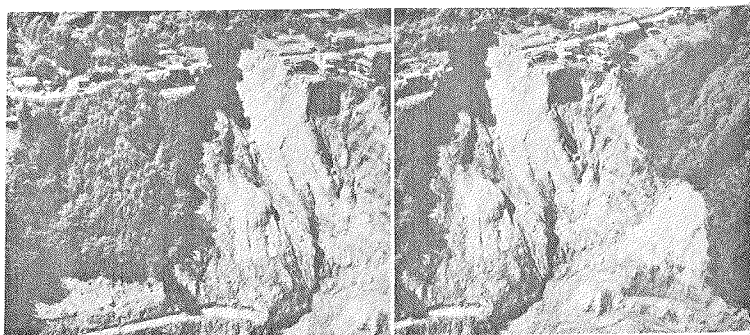


写真-1 松越地区の崩壊地の立体斜め写真

形態としては2箇所の明瞭な馬蹄形の滑落崖が連続して観察される(図-1(A)、(B))。崩壊地内には、これらの崩壊ブロック(A)、(B)を分割する小尾根(C)が存在する。また、(A)ブロックの左側には、(A)ブロックの崩壊より崩壊深の浅いブロック(D)も観察される。基盤の走行傾斜は、(D)、(E)に見られる。比較的フラットな面が基盤であるとするならN-S方向の走向を示し、E方向に傾斜しているものと思われ斜面は全体的に流れ盤であると考えられる。崩壊地内部に残積する崩土は凹所の所々((G)、(H)、(I)、(J))に散在するが、全体に角礫状の岩塊を主体としたマトリックスは泥質のようである。また、(C)や(D)の小尾根は基盤の一部であると想定され、基盤の元地形は非常に不連続であったものと思われる。

### 3.2 斜め写真からの図化

図-2(a)は平面図であり、太線のコンターは5m毎である。斜め写真からの図化であり、急傾斜部の微地形が良く表現されている。また、図-2(b)は崩壊を水平方向から見た状況を表現した立面図であり、太線のコンターは20m毎である。この図の基準面は崩壊地上部を通過していた県道の法線にほぼ平行であるので、流失した県道の縦断面形状もこの図から読み取ることができる。また、立面図であるので崩壊地の横断面形状が集積された形が表現されており、(a)の平面図と合わせると崩壊地の3次元的地形形状が良く理解できる。

流失した本県道の縦断面などは直に近い急傾斜部があり、通常の垂直空中写真では計測が非常に困難であ

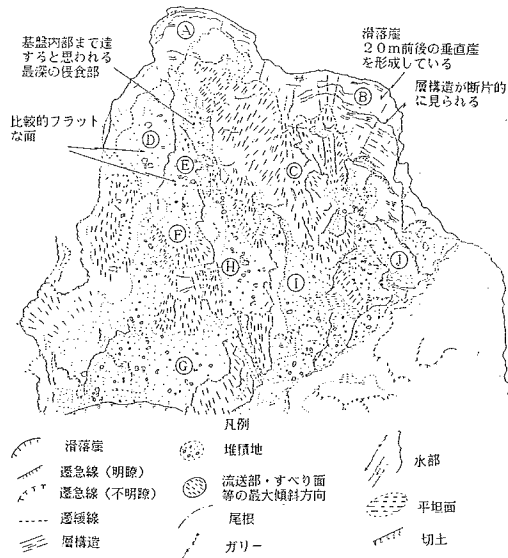


図-1 松越地区の崩壊地判読図

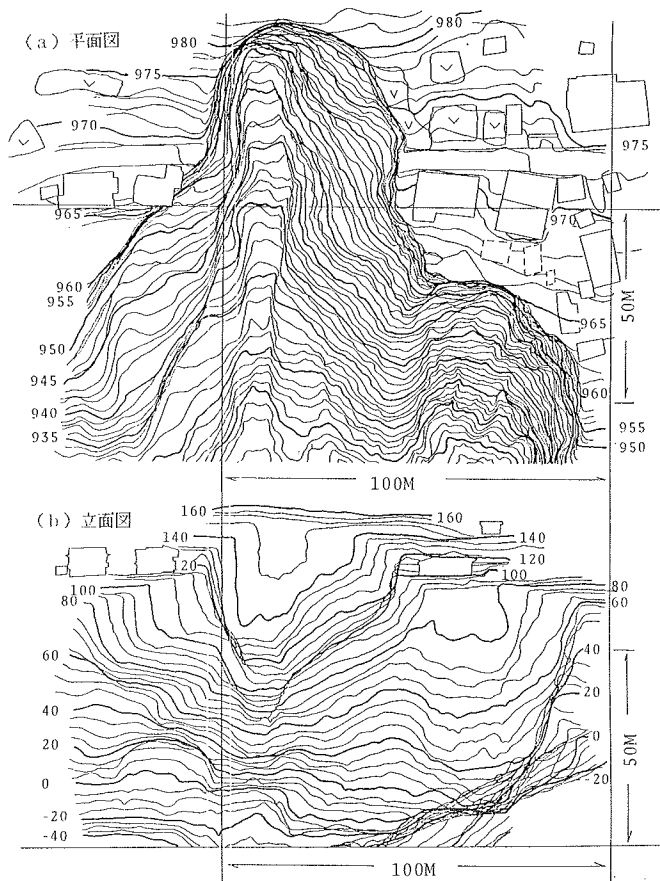


図-2 斜め写真から図化した松越崩壊地の平面図と立面図

りかつ精度が悪くなること、また、現地での実測は作業の安全上実施困難であることを考えると崩壊地の斜め写真による図化が非常に有効な手段になると言える。

### 3.3 測定精度等の検討

本検討では、災害後緊急に撮影を行った斜め写真を使用して測定、図化を行っており、対空標識の設置および基準点測量(実測)などは実施していない。災害時における緊急な測定、図化の場合には、今後も同様な方法に頼らざるを得ない。そこで、今回の測定における精度を検討した。

災害後短時間で災害地内の精度の良い図面を得ることが目的であることを考慮すると、補助基準点を設けるための小縮尺垂直写真の空中三角測量において、平面位置について

は精度的に大きな誤差がなく、標高については全体で大きなばらつきがなければ基準点との絶対誤差は特に問題にならなくとも良いと考えられる。垂直写真(1/54, 1/1万)による空中三角測量の残差の統計の結果、全体としての精度をみる標準偏差の値としては $2.1959 \times 10^3$ が得られた。すなわち、測地座標系では1000 mで2.2 mの誤差が生じたことになる。また、斜め写真の標定の残差を検討した結果測地座標系で位置の誤差がX軸方向で69.0 cm、Y軸方向で33.9 cm、高さの誤差が47.7 cmであった。しかし、これらの結果はいずれも測地座標系に対する言わば絶対誤差とも呼ぶべきものであり、今回の標定調査の場合にはあくまでも調査地域内およびその周辺地域での精度、すなわち、相対誤差が最も重要な問題となってくる。

相対誤差には、カメラの収差、写真縮尺、基線比およびコンパレータでの座標測定精度などが影響するが、今回の場合、位置および高さの誤差とも10 cm未満であり、絶対誤差よりはるかに小さい。

### 3.4 斜め写真および垂直写真からの図化結果の比較

写真1に示した斜め写真からの図化図面と垂直空中写真(カメラRC-10、撮影縮尺1/4000)からの図化図面を比較した。図-4は、松越地区の崩壊の滑落崖中央部について平面図から作成した縦断面図を比較したものである。比較的平坦な部分においては両者ともほとんど差がないが、段差などにより急崖とな

っている部分では、垂直写真からの図化と斜め写真からの図化とでは標高値が大きく異なっている。

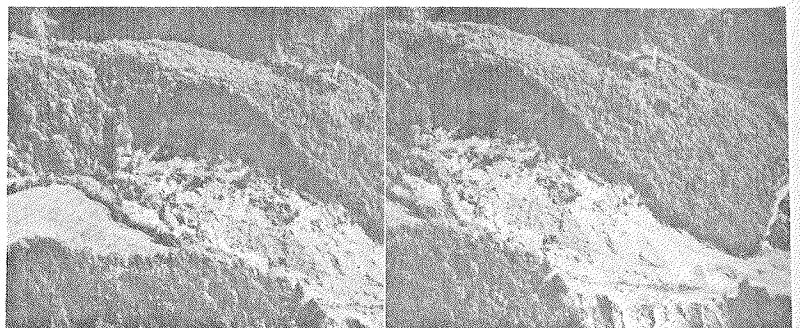


写真-2 滝越地区の崩壊地の立体斜め写真

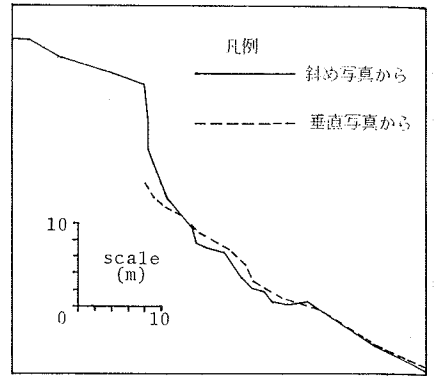


図-3 急傾斜部の縦断測量の比較

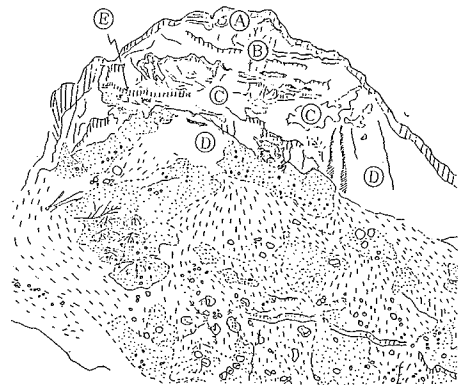
## 4. 滝越地区の崩壊

### 4.1 崩壊地の半読

滝越地区の崩壊地の

立体斜め写真を写真-2に、また、判読図を図-4に示す。斜め写真からの判読結果は、以下の通りである。

滑落崖の上位には褐色～暗褐色を呈する火山灰質土が堆積（図-4のA）し、地表に近い部分では火山灰質土中に灰白色を呈する粘土層が薄くほぼ水平～流水盤状に分布している。この下位には褐色を呈する砂層（B）が堆積し、さらに下位には灰白色～青灰色を呈する安山岩質凝灰岩（C、D）が分布しているが、その中央部は柱状節理が明確に認められ岩質は堅硬であると判断される。滑落崖の最下部は安山岩質凝灰岩および火山噴出岩のようである。本滑落崖の平面形状は直線状であり、縦断形状はほぼ鉛直に切り立っている。崩壊土砂流送部の上流部は崩壊した岩塊および土砂が堆積し、源頭に近い部分では所々小山状の堆積形態をしている。



- 凡例
- A 滑落崖
  - B 柱状節理の発達した部分
  - C ガリ地形
  - D 微小キレット
  - E 暗褐～黒褐の土壌部分
  - F 土壌が主体の部分
  - G 礫および砂が主体の部分

図-4 滝越地区の崩壊地判読図

#### 4.2 斜め写真からの図化

図-5に斜め写真から図化した崩壊地の縦断図と滑落崖の立面図を示す。これらの図には、地質判読結果も記してある。なお、崩壊前の縦断は、既往の垂直空中写真から図化したものである。滝越地区の場合、滑落崖がほぼ鉛直であるため、垂直写真では滑落崖の判読および測定が不可能であった。

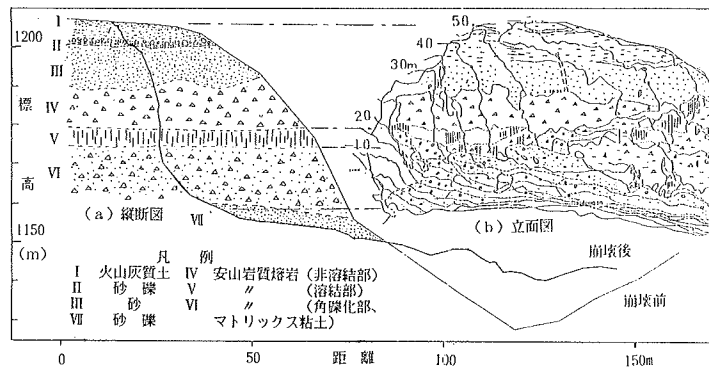


図-5 滝越崩壊地の縦断図および滑落崖の立面図

#### 5. おわりに

長野県西部地震を例として崩壊地調査における斜め写真の適用性を検討し、以下の知見を得た。

- 1) 立体斜め写真の撮景により、崩壊地（特に急傾斜部）の判読が詳細に実施できる。
- 2) 斜め写真から図化した平面図では、急傾斜部の微地形が良く表現される。この平面図に立面図を合わせると崩壊地の3次元的な形状が良く理解できる。急勾配の崩壊地においては、垂直写真や現地での実測が困難であることを考えると斜め写真による図化は非常に有効な手段と言える。
- 3) 大縮尺斜め写真の測定における相対誤差は小さいが、基準点測量がない場合測地座標系に対する誤差は大きいので、本復旧等に用いるには後日正確な基準点の成果を得て修正する方が良い。

最後になったが、3.4の検討に用いた図面は長野県土木建設事務所から御提供頂き、精度の検討には朝日航洋（株）の鶴飼昭一氏に御助言を賜ったことを記し、感謝の意を表したい。