

国鉄 鉄道技術研究所 正会員 丹羽俊彦

1. まえがき

国鉄の線路は例年数多くの自然災害に見舞われる。その自然災害の中でも特に斜面崩壊、落石等の斜面に起因する災害が多く、多雪地帯におけるなだれの被害もあわせて考えると、斜面の防災対策はもっとも留意すべきもののひとつである。従って斜面を調査し、災害発生の危険度を予測することは、列車運行の安全を確保する上から、強く要請されている。

2. 在来の調査方法

斜面災害を未然に防止する、或いはできるだけ少ない範囲に留めるためには、当該斜面を含む線路周辺環境を適格に把握し、それぞれの個所で起り得る可能性の大きい災害を予測する必要がある。そのため国鉄では航空写真的利用に早くから着目して実用化の研究を進めてきた結果、現在ではほとんどの全線にわたって 1:1000 の航空写真が整備され、広域災害の防止対策の検討に使用されている。(図-1)

即ち航空写真を利用して、多数の斜面の中から要因分析等の手法により危険度の高い斜面をふるい分け、さらに工学的な調査によりそれらのランク付け、或いは対策工法を決定しようというものである。

この方法を現場に普及しつつ斜面対策を進めてきた中で、空中写真からもう少し精度の高いデータが得られないだろうかという要望が提起されてきている。

このため国鉄では、斜面をもとも観察し易い角度から、もつと接近した位置から撮影した「斜め写真」を応用することの有効性について研究を進めてきた。

3. 斜めステレオ写真的撮影

沿線の斜面に接近して自由な角度から撮影するため、撮影用プラットホームとしてヘリコプターを使用することにした。また対象斜面が狭くて、高さも 150 M 程度のものならばもう少し簡単なものをと考えて、小型輸送気球からの撮影も並行して進めることにした。斜面の観察にはカラー撮影が情報量が多いし、さらにステレオ撮影であれば後の観察に便利であろうと考えた。

ステレオ撮影をヘリコプターから実施するため、どの程度のカメラ間隔で撮影されれば、200 ~ 300 M の距離にある対象物が立体鏡の観察で立体的に識別できるかを、地上並びにヘリコpterからの撮影でテストし、60 CM の間隔であればまずまでの立体感が得られたことや、ヘリコpterの窓枠の寸法との関係、また手で持つて撮影することも考慮して、まず基線 60 CM でカメラを平行にセットして撮影することにした。カメラはハッセルブロード 2 台を使用し、コダックエアロカラーフィルムを使用した。気球を使用した場合には 35 MM 判の一眼レフを 2 台使用し、通常市販のカラーフィルムを使用してみた。(図-2, 3)



図-1 空中写真判読による
斜面災害発生の判定作業

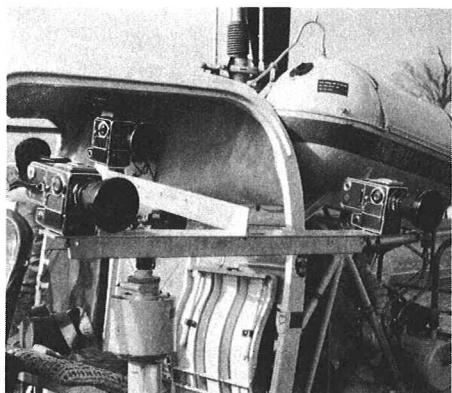
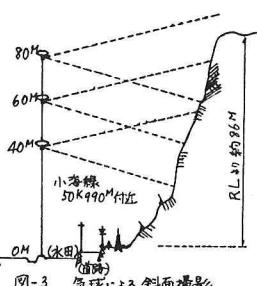


図-2 ステレオ撮影装置



ヘリコプターの横移動によるステレオ撮影も試行してみたが、撮影が困難なうえにできあがった一枚の写真も非常に見難いこと、撮影間隔の大きさにより生ずる過高感では手前が出っ張って斜面がゆるく見えること等から、観察には不利であると考え採用しなかった。

このステレオ撮影装置をヘリコプターに積載し、高山、飯田、東海道各線沿いの斜面と、飯山、只見兩線のなだれの危険のある斜面の撮影を実施した。

気球による撮影も、上越、小海両線の岩石の急崖で実施され、風に弱い欠点はあるものの、早朝或いは夕刻等の時間帯を選べば、十分実用に供せられることが実証された。

表-1 斜め写真的観察項目の概要

分類	観察項目	地質
地形	斜面綫型状 斜面横断型状 斜面の比率 傾斜度線 斜面表面の凹凸 斜面表面のガリル 崩壊運動地形 水系模様 溪流綫型状 溪流横断型状 溪流の比率 走路の状態 走路の出口状況	表層の種類 表層の風化状況 岩盤の状況 浮石、転石の確認 斜面内小断層 二次堆積物の状態 斜面表面の地質
植生		地被植物の状況 樹種、樹令、樹冠 疎密度 伐採跡地の分布
構造物		斜面内工作物 斜面内の切削 道路整備工

4. 斜めステレオ写真的観察

6CM×6CM判の密着の一枚のプリントは、ひとつたり並べてカードに整理すれば、そのまま肉眼で立体視が可能であり、簡易立体鏡を用いればかなり細かい部分までの観察が可能である。通常用いられている23CM×23CMに拡大したプリントに反射式立体鏡を用いれば、一枚の写真的上にトレーシングペーパーをかぶせて斜面をスケッチすることは容易であり、詳細な斜面の観察が可能である。

さらにポジフィルムを立体図化機にセットすることにより、精密な斜面状況図の作製が可能となる。表-1のごとく、線路、構造物、斜面型態と斜面小区分、荒廃地の存在とその範囲、遷急線、渓流、表面の微細なガリ・リル、岩盤の状況、露岩や浮石の存在、二次堆積物の存在、植生の状況等、これまで現地踏査を詳細に行なわなければ観察できなかった地形、地物が図化され、また概略の見取りコンタの記入もなされる。

既存の航空写真や地形図と併用すれば、不安定土塊や岩塊と線路との位置関係もほど確定せず、対策工の検討には非常に便利なものとなる。そしてこのできあがった斜面状況図をコンピュータ一制御の図化機と連動させるとならば、危険度の高い斜面の区分を必要に応じて出力できるので、斜面の管理はよりきめの細かいものとなる。

なだれは列車の運転に危険なものであり、現場では非常に神経を使う。線路巡回時の目視によりある程度推定はできるものの、斜面の工部王徒步で観察することは危険且困難となる。

ヘリコプターによる斜め写真的活用は、雪庇や雪面のクラックの発生状況からなだれの危険度、規模、走路の方向等の予測がたてられ、積雪期の斜面管理に大いに役立つものである。

気球の場合は斜面に接近して撮影できるので、斜面の精密なモザイク写真ができ、観察には便利なものとなる。

5. 結論

数回の現場撮影及びその分析結果から、斜め写真と往來の垂直写真と併用すれば、これまでよりも詳細な斜面に関するデータが得られることが実証された。

適当なアングルから撮影された斜め写真からは不安定土塊の存在が明瞭に識別できるので、危険度の予測へはこれまでよりも短い思考過程で到達し得ると考えている。(図-4)

正確な情報を得るための撮影器材、撮影方法など、研究すべき部分は残されてはいるものの、斜め写真的斜面調査への活用は、詳細な観察が可能となること、危険度の判定に直接的に役立てられることから判断して、非常に有効なものと考えられる。

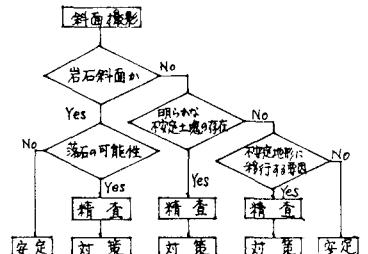


図-4 斜面調査フロー