奈良尾地すべり地の治山対策

Hillslope Erosion Control for the NARAO Landslide, NAGANO Prefecture.

北沢 秋司* 山村 烈也*

Shuji KITAZAWA, Retsuya YAMAMURA

Summary

We might conclude that it would be impossible to block the landslides in this village without converting the existing farmland to forestland as much as possible, to minimize bare land liable to erode.

As erosion control practices in this place we suggest the following several engineering works: (1) drainage works such as well works and horizontal pipe works to cut off surface run-off pouring into the landslides, (2) earthwork to arrange the deteriorated land surface, (3) construction of check dams and groundsills on the valley, (4) piling works and retaining wall works to support roads, (5) reforestation program on the farmland.

1. はじめに

この地すべり地は、尾根部に二つの集落とこれに伴う耕地を持っていて、全体として森林に囲まれた山地である。この治山対策は、地すべり対策を含み長期的な展望に立って、地すべり地の西端を流れる柳久保川の閉そくや犀川への土砂の流出を防止しなければならない。

地すべりが発生してから1年余を経過して、移動量においては終息のきざしを見せている。この地すべりは、地質構造上の問題点を持つ基盤の上にあり、地すべり土塊の由来は、遠く地質時代の地すべりや崩壊などの侵食および風化作用によって生産され再堆積されたものである。このような地すべりの素因を備えている土塊の上での土地利用において、裸地同様の農耕地からは水分の供給が続き、容易にこの地すべりを終息させないであろう。したがって、将来この地区を全面的に森林に復帰させることを、前提として次のような対策を考えた。

- (1) 地すべり上方部は、集水井工および横孔ボーリング工によって排水を行ない、移動土塊の根源の乾燥を計る。
- (2) 地すべりに伴って発生した、南北両斜面の崩壊地の復旧を計る。
- (3) 南北の両溪流には、床固工および谷止工と一部護岸工を築設し、その上流には水路工を設ける。
- (4) 道路の復旧は、地すべり地尾根部および山腹を避け、南の谷すじにルートを変更して開設し、杭打工および土留工によって法面の補強を計る。
- (5) 地すべり対策がある程度進んだ後、造林によって森林造成を計る。

2. 地すべり地の実態

2.1 地 形

北部フォッサマグナでは、地すべりが多いが特に弘化4年の善光寺平地震は、大規模な地すべりを誘発している。犀川の小支流である柳久保川（延長6 km, 勾配7.7%）は、先行谷で泥岩および砂岩層にほぼ直交し、奈良尾地すべり地の南に西流する明賀川を不協和合流させている。また、北に志ぶの川があって、これらの溪流も深い谷を形成し、このために地すべり地は、中央の南北の幅およそ200 m, 東西の長さ550 m, その比高280 mの hogback に類似した地形を形成している。志ぶの川は、中央で大きく曲流しているが、これは左岸に起った古い地すべりによって南に押しやられたものであろう。

この地すべり地の尾根が東西方向に走り、南寄りにより急な斜面を形成し、地すべり地全体として 30° 以上の急斜面が36%にも達し、一般的な地すべり地と異なって崩壊山地の様相を示している。図-2.1には、地すべり地の断面図を示したが、この地表の起伏でも明らかなように下林山の南斜面が急で、北斜面が比較的緩となっている。東西の起伏では、上奈良尾の移動土塊の部分が緩傾斜となっていて、下林山の高まりより西に急な尾根がみられる。地すべりは、上奈良尾の緩斜面に始まり、下林山に働いた東からの力が、南北斜面の表層を破壊して、そこに崩壊地を発生させた。この崩壊地は、 30° 以上の急斜面にのみ起っていて、南の崩壊地（以後南部崩壊と呼ぶ）では明賀川に幅広く達しており、北の崩壊地（以後北部崩壊と呼ぶ）ではロート状になっていて、狭い出口で志ぶの川に達している。

2.2 林 相

* 信州大学農学部治山工学研究室

図-2.2に示したように、カラマツおよびスギの人工林と天然の広葉樹林とアカマツが点在する。下林山を頂として、南西に延びる尾根筋から南の斜面にかけて、コナラ、クヌギ、ケヤキ等を混じった上層木とヤマウルシ、カエデ類、フジ、アケビ等のつる類およびミヤコザサ、ス

スキ等を下層樹とする広葉樹林が多く、向陽性の強い植生で構成されている。またアカマツは、下林山頂上付近に点在する。北斜面には、沢筋から斜面凹地の屋根近くまで、スギが植栽され生育は良好である。また、このスギ林に接してカラマツが植栽されているが生育は中庸である。これらの人工林の混交木として、ホオ、クリ、ミズキ等があり、下層にはアブラチャン、ツリフネソウ、ツユクサ等のやや陰性のものが多い。宅地に近いスギ林の一部には、ワサビの栽培が行なわれている。

2.3 土 壤

南北の両溪流に囲まれた地すべり地域が、18.95ha、このうち宅地および農地を除く12.16haについて調査したものを図-2.3、表-2.1に示した。

調査対象地内に出現した土壌は、褐色森林土群のBA型、BB型、BC型、BD型(d)、BD型、BE型の6種である。下林山頂上付近の尾根筋には、BA型およびBB型の乾性の強い土壌が帯状にあらわれ、尾根の南斜面は平衡斜面であるため、ほぼ一律に中腹近くまでBC型土壌で覆われる。明賀川に近い山脚部分でBD型(d)およびBD型土壌があらわれるが、全体的には残積土、匍行土がほとんどでやや乾性型といえる。土性は基岩の特性から粘土質を多く含有し深度も浅いことから乾燥しやすくまた硬くなりやすい特徴がある。尾根の北斜面では、斜面凹部に崩積土のBD型およびBE型のかなり厚い土層がみられる。斜面上部には、BC型土壌があらわれるが尾根の南面に比較して幅は狭く、適潤性の土壌がその大部分を占めている。以下、下林山頂上付近(I)、北斜面中腹部(II)、および南斜面中腹部(III)の地点について調査内容を示すと次のようである。

図-2.1 奈良尾地すべり地南北の断面図

図-2.2 樹木等の分布図

図-2.3 奈良尾地すべり地の土壌図（長野地方事務所による）

(I) 乾性かつ色森林土（傾斜地型）BA

表-2.1 土 壌 型 と 適 木

育林方法	土壌型	面積 ha	比率 %	針葉樹	広葉樹
↑ P ↓ H	BA	0.05	0.4	アカマツ	コナラ, クスギ, ヤシヤブシ, ヤマハンノキ
	BB	0.61	5.0	アカマツ	"
	BC	2.90	23.9	アカマツ, カラマツ	コナラ, クスギ, クリ
	BD(d)	3.41	28.0	"	"
	BD	4.89	40.2	(スギ), (ヒノキ)	クスギ, ケヤキ, クリル, ハンノキ
	BE	0.30	2.5	"	ハンノキ, ケヤキ, ミヅキ, ホオ

(II) 弱乾性かつ色森林土 BC~(B B)

(III) 弱乾性かつ色森林土 BC

2.4 風化分帯

下林山を頂とする奈良尾の山体の基岩は、暗灰色の細粒～中粒砂岩で、中に小豆大の礫層を挟んでいる。北面中腹部で走向 N60°E, 35°S 傾斜を示すほか、北方対岸高登屋の道路路面では、走向 N40°E, 32°NW 傾斜で、節理が発達しその節理面に沿って茶褐色の風化や N25°E, 40°W の断層に伴う破碎帯がみられる。このような砂岩は、図-2.4 に示したような風化断面を持ち、地表に近づくにつれ著しい風がみられる。この風化断面について、風化の段階を次のように区分することができる。

- I : 節理に沿って茶褐色に着色されている。
- II : 節理によって分断され、角や稜より風化が進んで節理がルーズとなる。
- III : 風化が著しく進んで、いわゆる onion structure となる。
- IV : 多殻球状の構造が破碎して土粒子となり、その中に球形となった硬い核の部分が点在する。

図-2.4 砂岩の風化分帯

V：礫質の部分もほとんどみられず、茶褐色の同化残積土となっている。

2.5 崩壊地

地すべりの運動は、尾根の方向に動き、下林山の頂部に揺さぶりをかけ、風化分帯Ⅲ、ⅣおよびⅤ帯を破壊させたために、両斜面に崩壊が発生した。この崩壊は、北部崩壊 1.82ha、南部崩壊 2.20ha の面積を有する。

北部崩壊は、中央部に約 2 万 m^3 の崩土を貯留している。この崩土の傾斜 25°、上部の崖は 60°以上であり、崩土がロート状の出口に向う部分が 30°となっている。中央上部の崖は、風化分帯ⅣおよびⅤの傾斜 60°以上の崖であり、細粒砂岩の層理にルーズな礫層を挟んでいる。志ぶの川より上方をみて左端の崖は、亀裂が多く今後土塊の崩落が予想される。右端の崖は、上部に倒壊した家屋があって傾斜は緩で表土がそのまま残っている。左のロート状の部分は、表土が動いているものの剝落はまぬがれている。この崩壊地はもとスギ林であり、ところどころにスギの倒木がみられるが、土塊が散乱し赤褐色の地肌をみせている。

南部崩壊は、明賀川に壊落していて、下方からみて右端の崩壊が著しい。北部崩壊ほどの崩土の貯留はみられないが、破壊した道路より上部に約 8,000 m^3 がある。全体が 50°の急傾斜を持っているために明賀川にほとんど崩落して、明賀川の河床を拡大している。右端上部は、下林山南斜面にある桑畑があって、ここに滑落崖ができ家屋 2 軒が倒壊している。その直下に崩土が堆積し、道路の跡に杭打工の杭が数本露出しているの、この長さから崩落した土層の厚さが 3 m 程度であろうと堆定して

図-2.5 北斜面の崩壊地表層図 (北部崩壊)

図-2.6 南斜面の崩壊地表層図 (南部崩壊)

いる。中央部では、広葉樹林がまばらに残っていて、これより左側では崩れも規模が小さくなって、崩土も少ない。この崩壊では、基岩の断面が露出していて、上部では風化分帯Ⅲ以上があらわれ、特に onion structure が著しい。風化した硬く茶褐色の核を割ると新鮮さの残る砂岩で、湿っているものは淡緑色にみえる。著しい onion structure のみられる部分の上部は、茶褐色のⅣおよびⅤ帯で、上部になるほど泥質となる。Ⅳ帯の中には、ところどころに薄殻の構造が発達した径 30~40cm の砂岩が

図-3.1 奈良尾地すべり地復旧事業計画図（長野地方事務所による）

みられる。

3. 地すべり対策

地すべり土塊は、上奈良尾の集落の下部にあって、地質時代に生産された風化土であり、これは泥岩や砂岩に由来する強風化層であった。これらの土塊は、下林山東側と埋積谷としてあったものと推定される。したがって、この土塊がすべりを起すためには、水分の供給が必要である。飯縄山（886m）の北に張り出た尾根の東斜面から始った地すべりであるから、この土塊へ遠方からの地下水の流入は考えられない。雨水や地表水の浸透によって、この土塊が滑動のエネルギーを貯えたと考えることによって、対策の重点をこの位置におくことは妥当である。図-3.1に示したように、地すべりが発生してより、長野地方事務所によって各種の対策工事が進められている。この対策内容も、すべり土塊に重点がおかれている。地すべりの上方より中奈良尾にかけて、実に多くの亀裂が地表にあり、上奈良尾集落の上手に落差のある滑落崖が畑の中に生じている。地すべり対策は、埋積谷を形成しているすべり土塊の水分を抜き取る集水井工や集排水トンネルおよび雨水や表流水を処理したり、斜面の横穴ボーリングの水を誘導する承水路工をきめ細かに行なうことによって達成されよう。その意味で行政的に進められている対策工は、この地すべりを押える効果が期待できるものである。

4. 治山対策

地すべり対策は、移動土塊の活動を終息させる目的を持つものであり、地すべりがやがてそのエネルギーを失いつつあるとき治山対策は進められるべきものである。これまでこの地すべり地の実態について述べてきたことは、一般に第三紀層に起る地すべりと相違する点として、特に地形の問題と風化を取り挙げた。奈良尾地区が急峻な山地であり、地すべり土塊が下林山に圧力をかけた時、表層の風化土はその緊迫力を失い、細分化して亀裂を生じたり移動した。その結果南北両斜面にほぼ同規模の崩壊地が発生している。このような状況にあるこの地区に、集落の復帰や農地の復旧は無理である。先にも述べたように、柳久保川への土砂の流出の危険を胚胎し、それがやがて犀川への流出となれば大災害の予想がされる。したがって、この機会に、森林の造成を目指し長期的にこの地区の安定化を計る必要がある。

治山対策として、多くの亀裂が生じている部分の被覆や崩壊地の復旧を計る山腹工、山脚部の安定を計る溪間工および森林の造成や各種対策工のための作業道として、道路の復旧とその保護工が必要である。治山工法は、柔軟性のある土木的手法と生態的手法によって行なうものであって、施工地が森林として自立するとき、施工材料が自然の中に融け込んでいなければならない。森林が成立したとき、工作物への依存度が失われるように考えな

けれどもならないが、この地すべり地の場合、森林に復帰したとき森林の機能のみによって安定化できたと考えることは危険である。したがって、工法によっては要所に、かなり長期的にその効力を発揮する工作物も考えなければならないだろう。

4.1 山腹工

地すべりのために生じた亀裂は、そのままにしておくとも雨水や地表水が流入して、二次すべりや崩落を起すので、これを埋めた上で被覆しなければならない。その被覆工としては、斜面の場合編柵工を行ない、この間に粗朶による被覆工を施工する。平坦地においては、孤伏工とし、いずれも自然に放置することで容易に植生の侵入が期待できよう。

図-4.1には北部崩壊の山腹工計画図を示した。先に述べたように、この崩壊の中央部にはかなりの崩土があって、上部の急崖との傾斜が異なるので、この土塊の移動を抑えるために、上部の崖との間と崩土の下部に片法杵工を施工したい。この杵組は、コンクリート角材を用い、上部に施工するものはそのまま隙を詰石するが、下部に施工するものは杭打工によって頭部を片法杵内に入れ詰石する。上部の杵組の後、崖の法切りや斜面の起伏の整地を行ない杵組工の間の芝筋工と編柵工を行なう。水路は排水路工のみ表現してあるが、必要に応じて集水路工を設ける。排水路工はコルゲートパイプ水路とし、ヒューム管やコンクリートは動いて切断される恐れがあるので、可動性の材料を使用したい。集水路工は芝張水路としたい。下部法杵工より下方は、急傾斜であるのでロート状のより急な部分まで芝筋工の間に編柵工を入れ、崩壊部が狭くなる部分までは、階段工によって段切

りを行なった後、ここまでの法面には全て孤伏工を行なって表土の流失を避け植生の早期侵入を促す。崩壊の最下部には、谷止工を3基設置して土砂の流出を防止するとともに、崩壊下部の勾配の緩和を計る。また上部の崖は法切りした後そのまま放置する。右端の緩斜地は段切りと編柵工を施工し、ここには湧水があるので集水路を設ける。左端の小崩壊は、表土が細分化して多少撓乱されているので、編柵と樹木が植栽できるような段切りを行なえばよい。志ぶの川の左岸には、蛇籠工による護岸が必要となろう。

南部崩壊については、図-4.2に示したように、片法杵工を3段にしてある。明賀川への土砂の崩落が激しかったために、山脚が露出しこの安定化のために河床近くの護岸としての蛇籠工を施工し、その内側に杵組工を行なう。上部の杵組や中央部の杵組には、杭打工を併用したい。右端の崩壊にはほとんど全面的に孤伏工を施工したい。ここは特に風化が進んでいて粘土質であり、表土の流失が激しいと予想されるからである。左寄りの崩壊は、広葉樹林の間を縫って上部から崩落しているので、編柵工と芝筋工によって復旧できようが、上部崖部の法切りによっては、斜面の被覆が必要となるかもしれない。排水路や集水路は、平衡斜面であることや、上部の幅が北部崩壊に比較して狭いので少なくてよいだろう。両崩壊は尾根によって境されていて、その尾根部の亀裂が無数にあるので、法切りと同時にこの亀裂の処理が必要となるであろう。

図-4.1 北部崩壊の復旧治山工計画図

図-4.2 南部崩壊の復旧治山工計画図

4.2 溪間工

溪間工は、過去の施工によって明賀川および志ぶの川にあり、地すべり対策によっても新規に築設されて、図-3.1に示したように床固工および谷止工として配置された。

この配置をみると、現在崩落している部分で山脚部の安定化を計るためには、この溪流における修正勾配から考えて、この間にもう1基施工したい。溪間工は重力式の低ダムで充分であり、既設のものより少々低くてもかまわないであろう。床固工はほとんど岩着できないので、袖部については、蛇籠工によって侵食防止を計りたい。

4.3 道路の復旧

この地すべり地の復旧工事の作業道としても、森林造成の作業道としても道路がなければ何もできないので、この復旧は急を要するであろう。すでに上奈良尾には、志ぶの川右岸より入ることができ、下林山の手前まで行ける。中奈良尾には、新聞より北部崩壊の西端まで入ることができるが、上奈良尾とは通じない。現在両崩壊のどちらの斜面も道路として築設することは不可能であるが、すでに建設を計画している図-3.1の R~R' によって上奈良尾に入ることができる。この道路の開設に当たっては、明賀川の右岸で法面の補強に注意を払い、下林山の南斜面では、亀裂に粘土またはベントナイトをつめた上で路面を築き、排水には特別注意を払って、明賀川まで誘導する。上奈良尾と中奈良尾をつなぐ道は、幅員2m程度の作業道として、尾根の中央に開設したい。この部分は亀裂が多いので、崩壊地の法切りと同時に開設したい。道路が斜面を横切るときは、斜面の安定を計るため、軟弱な部分には杭打工と土留工を併用して、法尻の短い所では丸太積や袋積は腐朽が早いので効果はあがらないと考えるので古タイヤの使用もよいと思う。

4.4 森林の造成計画

すべての治山工事が終わった段階で、草本類の侵入をみ、工事の手直しを行ってから1~2年後に植林を行なう。この植林は、図-2.3に示した土壌図を参考にして次のような樹種を選定すればよい。尾根部のBA型、BB型、BC型土壌には、アカマツを植栽してかぎり広葉樹(天然)との混交とする。BD型にはカラマツをBE型にはスギを植栽し、北部崩壊地のように、スギを中腹から上部まで植栽することをさけ、カラマツおよびアカマ

ツのような直根性の樹木がよい。山腹工を施工した上の方にはアカマツと肥料木としてイタチハギを交互に植栽する。下の方にはアカマツだけを植栽する。この地域は、広葉樹が侵入しやすいのでスギ林以外は、混交林とすることが望ましい。

5. おわりに

奈良尾地すべりのように、滑動のエネルギーが終息したのか持続しているのか、地すべり形態からものはっきりしないものでは、対策は困難である。地質学的には、地すべり土塊の由来や砂岩の風化機構がほぼ判明し、風化分帯Ⅲを含む上部の土塊と古い崩土の移動によるので、この土塊と奈良尾の山体全体の安定化は長期になることを予想して、この地区全域を森林にした方が将来下流の宅地や農地および河川の保全上有利と考えて、この方向で治山対策の提案をした。治山対策はもちろん地すべり対策も含めて、表土の損傷部の修復であり、この途上でも植林は可能であろうが、一応全体のようなすみをみた上で全面的に植林しようとしたものである。崩壊地の山腹工は、地すべりを防止するという対策よりも、下流への土砂の流出を防止し、林地を造成することの意味で緊急を要するであろう。また植栽工における工法は、土壌の醸成等比較的容易であるから筋工でよいし、実播工についてもこの場所は植生の侵入も容易であることから、積極的に必要な工法とは思わない。杭打工と枠組工の併用において、工事上の問題点がないわけではない。すなわち足場の問題というより、斜面の状態がどんな風化帯となっているかによって杭が適用できるわけで、提案した位置ではⅢおよびⅣ帯であり5~6mの杭であれば使用できると思う。工事の実行に当たっては、行政上の問題はもちろん、土地の所有形態による保安林問題など難かしい種々の問題点を持つ地区であるが、災害問題は、人命や財産を失うことがあるだけに、対策においては勇断をもって再び災禍のないよう万全を期さなければならないであろう。

参考文献

- 1) 島 坦(代表): 昭和51年10月発生の長野県信州新町奈良尾地すべりに関する緊急調査研究 1977。
- 2) 信州大学自然災害研究班: 信州新町奈良尾地すべりに関する研究 1978。

(原稿受理日 昭和53年9月2日)