

1. はしがき

豪雨に起因する山くずれの原因と機構とに因してはすでに著者が報告した通りであるが、今回はさらに山くずれに関し、崩壊地長、形態、土量、速度などの予知の問題と、さらに進んで山くずれを生じた土塊の渓流への移動と、渓流内でのその土砂の運動および渓流そのものから新しく生ずる土砂の洗掘移動と山地から運ばれてきた土砂および上手の渓流から洗掘移動してきた土砂の移動および堆積状況などの予知の問題とをとりあげた。予知の問題は極めてむづかしいが、著者がここに提唱する方法は相当な労力を必要とするがある程度の精度で上記のような予知や予想を行いうるものと確信している。

2. 山くずれの予知

(1) 発生条件と機構:

(a) 雨滴や表流水の洗掘作用に起因するもの、(b) 浸透水の作用で、山地斜面土の粘着力、内部摩擦角の減少に起因するもの、(c) 浸透水の自由水面の上昇による「パイピング現象」に起因するもの、(d) 渓流の溪岸への衝突による斜面の根の洗掘に起因するもの、(e) 断層などの地層の弱点の洗掘に起因するものなどに分類しうが、この種の崩壊の基本要素としては (i) 地形的要素 (ii) 地質的要素 (iii) 土質的要素 (iv) 地表的要素 (v) 降雨特性などをあげうる。この場合、なんといつても雨水の地中への浸透、特に著者がしばしば述べているオ1段階の浸透からオ2段階の浸透へとすすみ、自由水面の上昇へと移行するに要する時間と降雨特性の関係はどの原因に基く場合でも極めて大切な要素である。

(2) 必要な作業と調査

航空写真をもとに作製した精密な等高線入りの地形図 (縮尺 $1/5,000$)、または最近地理院で作製せられている等高線入りの航空写真 (縮尺 $1/5,000$) を用い、予めこの上で雨水の集中しやすい地形とか、急勾配で滑りやすい土質のところなど、いわゆる危険箇所を印をつける。つぎに、対象降雨を決め、さらに、現地調査により、不透水層や透水性の長い層までの土根りの厚さおよび土質、乾燥密度と浸透能などを明らかにして、対象降雨特性とから雨水が第1段階の浸透から第2段階の浸透にまですすみ、自由水面の上昇をみて、パイピング現象が発生しうるや否やとその時に出現すると予想される水面形状やその勾配などをも考慮に入れて検討する。崩壊箇所表示までの作業はつぎのようである。

a. パイピング現象に起因する崩壊が予想される箇所

予想箇所最深線に沿う縦断面図、および横断面図を作り、これに不透水層までの表土層の厚さや乾燥密度などを記入し、対象豪雨が降った場合、その表土層の状態から、何時同位で、1段階の浸透が終了し、第2段階のそれに移行し自由水面がどのような形状で上昇しどの辺りで地表面に顔を出すかを決める。この決定に因しては、不透水層の表面が急傾斜から緩傾斜に移る個所、浸透水量が大となる斜面の下部などを考え、さらに裸地で「マサキ」の場合は乾燥密度 $1.5-1.7 \text{ g/cm}^3$ 程度で水面勾配は 25° 以

上急でないバイピング現象が発生し難いし、地被植物が密生している場合はさらに急勾配でないとなし難い点をも充分考慮する。さきに作製した縦横断面に自由水面を記入して上記の発生条件が成立するや否やを吟味する。このようにして崩落する可能性がある時には、自由水面と地表面との間にはさまれた土塊の領域を求むる。このような崩壊領域の上限はつぎのように決める。崩壊斜面の上部になれば集水面積が小さくなりもはや崩落を起す力がなくなると考えられる箇所、斜面の頂部近くになり急傾斜から緩傾斜に移り、それ以上崩壊が發達しないと考えられる箇所、植物の根茎が充分發達して、それ以上崩壊が進行しない場所、などである。つぎに、崩壊の平面形や土量を求めるためには上記横断面内における自由水面、不透水層の表面、地表面をにらんで、自由水面から上の土塊で、

この水面と不透水層とが交わるところから相当急な法勾配で地表面に至る側面を定数や更測の結果を参考にして描き、これらの間にはさまれた崩壊土の横断面を求め、土量および面積を求める。

b. 荒廢地や売地などにおける表流水による土砂崩壊

現地踏査と実測結果とを参照して、対象降雨に対する土砂流出の量を推定し、さらに売地の面積を求めて、兩者の積で求める。

c. 後流の水勢を強く受ける後岸の洗掘による斜面崩壊

後流が屈曲しているとき、豪雨時における強い水流が後岸に衝突すると、その後岸が洗掘を受ける。前記地図でこのような箇所は容易に求められる。過去に崩落を生じてしまった場所がまたは崩落すべきものが残されている所かを現地調査で知る。

d. 浸透水による表土の粘着力、内部摩擦角の減少に起因する斜面崩壊

乾燥すると無数の亀裂を生じやすい粘性土は特に降雨の浸透のために比較的短時間でそのなかに自由水面が生じ、土の性質が滑りやすいものに変じて、崩壊を生じやすい。これは従来の実例および土質調査から対象豪雨に対して、下の土丹や砂岩などの表面や地表面が急勾配の場所がよくずれやすいので、予知しうる。

e. 断層などの地層の弱点における崩壊

凹みや谷に沿うかまたはこれを横切つて断層などの地層の弱点が帯狀に走っている場所では、過去の実測結果などを参照して、対象降雨に対して崩壊の規模や大きさを表流水、浸透水、後流の諸作用を考慮して、原因別による崩壊の型に応じた計算方法で崩壊土量を求める。

f. 切土、盛土など人工を加えたことによる斜面崩壊

未舗装の山地道路などでは集中表流水により深くえぐられることが多い。道路の山側の地山斜面を浸透してくる水が切取面に顔を出す可能性が増大してバイピング現象による斜面崩壊を生じやすい。

山地道路は豪雨時には側溝などが閉塞して道路自身が排水路となり、この水が道路の一部から路肩を溢流して低いへ等高線が凹んでいる斜面上を流下することになると、恰もその斜面は道路築造前の集水面積の幾倍にもなるから、表流水による法面浸食および浸透流量も増加するから、その斜面が崩壊する可能性が大きい。平場を造成した場合も、その低いところに水が集中して、そこから低いへ等高線が凹状になっている斜面上に水が流れると、その斜面は崩壊の危険性が生ずる。

3 崩壊土砂の流下量の予知

(1) 崩落土砂の「後流到達率」「到達速度」「到達角度」

崩落土のうちどれだけが崩落時に後流に達するのきみかけの容積百分率で表したものを「後流到達率」と呼ぶ。また後流に到達する土砂が後流にどのような速度で、後流の流心に対してどのような角度で進むのかを知る必要がある。崩落時は、崩落が瞬時に発生するかどうか、また崩落土が山腹上をはしる際の摩擦による減速条件や停止条件、また停止後の豪雨による再流出などの問題は大切である。この問題には斜面条件と崩落の機構とが大きく関係している。崩落土砂の後流到達時における粒組成は崩落土砂の運動状態により大きく左右せられ、崩落箇所と後流到達までの移動距離、勾配、粗度などの諸要素との関係の調査研究が大切である。

(2) 後流における土砂の移動

a. 後流到達土砂が「天然ダム」を生成するに必要な条件

崩壊土砂の後流到達地点における後流流量と後流の断面形、縦断勾配、流域面積、林相流域の地質と土質、流域の平面形状などの後流特性如何が「天然ダム」を生成するがよいかのきとなつてゐる。すなわち、後流に一時に到達する土砂量および立木の量などがその地点のその時の後流流量に対して一定量をこえると天然ダムの生成が起ることになる。このようなダム生成に必要な後流に一時に到達する土砂量の最小量は実際の河川での過去の実績調査で求めるより外はないが、大規模な模型実験によつても検討中である。

b. 天然ダムの崩壊に起因する後流内での土砂の「聚合運搬」

天然ダム崩壊の機構と、多数のダムの崩壊が数少ないもののそれかを明らかにし、さらに、このようなダム決壊の結果生じた土砂の聚合運搬の定態、特に、その運動中におけるエネルギーの消長や後岸および後流の洗掘および堆積、砂防ダムによつて受ける影響などの諸問題があるが、一後流中に数百メートル隔てて多くの天然ダムが発生すると聚合運搬のエネルギーが長く積るのである。

c. 「天然ダム」生成に至る程度度の土砂の後流への一時到達に対する流水の運搬作用と「土砂流出率」

この場合は後流の土砂輸送能力以上の量や大きさの土砂が後流に到達しても一定量のみが下流へ輸送せられるが、ここでは便宜上、「土砂流出率」を使用する。これは後流にまで到達した土砂量のうち、その流水により下流へ運ばれるか、聚合運搬の型式で下流へ動く土砂量（みかけ体積）を到達土砂量（みかけの体積）で割った百分率で表すものとする。始めに崩壊を予想される地点から崩壊土量などの他を考慮して土砂がそれぞれどの後流地点に達するかを明らかにしすると同時にこれらの百分率を定める。

(3) 後流の各地点における流出予想土砂量

上記の土砂量を V_T とすると次式で表わしうる。

$$V_T = V_{100} + V_{45} \times 0.45 + V_{30} \times 0.30 + V_{15} \times 0.15 + V_a + V_b + V_c - V_d$$

ここに、 V_{100} 、 V_{45} 、 V_{30} 、 V_{15} は 河運水および表流水に起因する崩壊予想土量中、100%、45%、30%、15% の量が後流を運搬せられると考へられる量、 V_a は側方浸食、 V_b は先端地帯からの流出、 V_c は後流床や後岸からの浸食される量をそれぞれ示す、 V_d は堆積を要する土砂量である。