

II-36

斜面崩壊の事例研究

北海学園大学 正員 三田村 一弘  
正員 山口 甲

まえがき

近年大規模の斜面崩壊が発生して、人的被害、家屋損傷、道路交通障害等の大きな災害を起こしている。また崩落した土砂は下流河道の埋没、ダム貯水池の堆砂など土砂害の原因となっている。

これら斜面崩壊は基盤地質、地形、降雨条件等が関係する複雑な現象であるため、そのメカニズムの解明は未だ十分とはいえない。本文はまず斜面崩壊事例を数多く収集して、崩壊形状についてならびに地質、地形との関連性について統計的に考察した。また簡単な崩壊発生モデルによってすべり面における間隙水による揚圧力の生起条件を考究したものであり、今後の理論的研究への予備的研究である。

1. 崩壊地調査

日高海岸（北海道）を走る国道235号では昭和56年8月5日、平成7年8月8～9日の集中豪雨時に数多くの斜面崩壊が生じ、崩壊土が道路を埋め尽くした。そのため唯一の地域連絡道路は8日間にわたり交通途絶となり、地域社会の社会経済活動に与えた影響は大きい。

斜面崩壊が発生した道路路面を構成する地質は図-1に示すように第四紀の未固結土、第三紀の半固結土であり崩壊しやすい地質である。図-1に昭和56年8月豪雨の斜面崩壊位置及び総雨量を示し、図-2に平成7年8月豪雨について同様に示している。前者は総雨量が大きく、また崩壊箇所数も多い。

崩壊発生は、継続雨量150mm、その時刻の降雨強度46.38mm/hrで起き始め、その後降雨が続いたことで崩

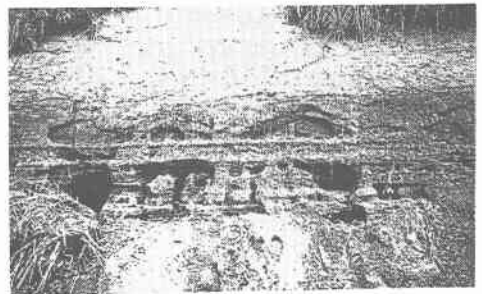


写真-1 湧水の発生状況



図-1 門別～浦河間の地質構成と斜面崩壊発生位置(昭和56年8月5日豪雨)

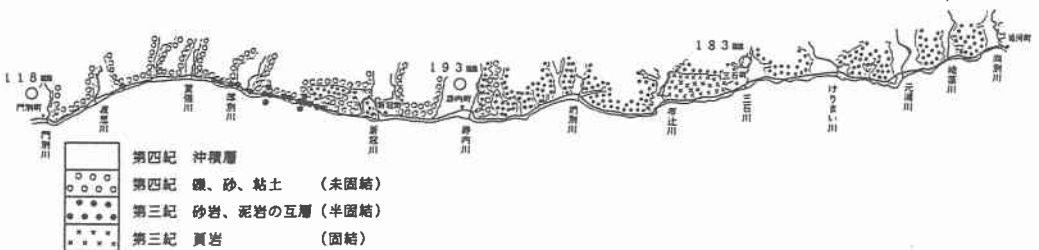


図-2 門別～浦河間の地質構成と斜面崩壊発生位置(平成7年8月8～9日豪雨)

Case Study of the Landslides

by Kazuhiro MITAMIRA and Hajime YAMAGUCHI

壊箇所が増加する時間的な経過が現地を確認されている。

また平成7年8月の斜面崩壊の主体的原因として次の2点が指摘されている。

1. 溪流の土石流が斜面崩壊を誘発したもの8件、2. 湧水が原因となったもの11件であり、法面での湧水の発生は当該地区の斜面崩壊の特徴といえる。その湧水口は写真-1に見られるように地層境界面に集中しており、その湧水による一時的な揚圧力が斜面崩壊を起こしたものと思われる。

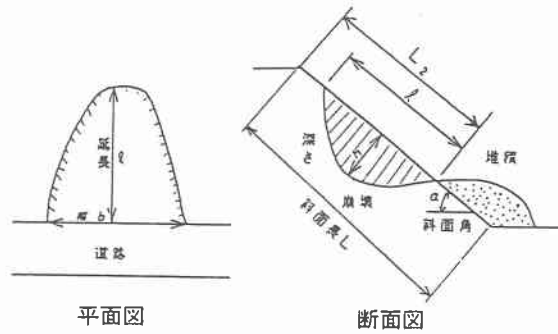


図-3 崩壊形状の表示方法

## 2. 崩壊地の形状

昭和56年8月豪雨で発生した崩壊地51箇所について形状を分析する。崩壊形状は斜面の地形や溪流の有無等によりそれぞれに相違が見られる。本研究では図-3に示す諸元を平面図と断面図（崩壊地中央）から求める。

崩壊面中央部における斜面に沿って測った崩壊延長 $l$ は3~75mとその規模において大きささまざまである。任意の斜面で発生する崩壊延長 $l$ を推定するため、斜面上端から崩壊地下端までの斜面長 $L_2$ との関係を図-4に示している。この結果は崩壊延長 $l$ は斜面長 $L_2$ で受ける雨水量と関係していることを意味しており、今後斜面崩壊現象を理解する上で有意な成果といえる。なお、総斜面長 $L$ と $l$ の関係も調べたが、 $L_2$ を用いたほうが相関性が高い。また総雨量が異なる平成7年8月豪雨による $L \sim l$

( $L_2$ は未測定)の関係は昭和56年8月豪雨と同じ関係が見られることから、一度起きた崩壊延長 $l$ は総雨量に左右されることが少なく、一度起きた崩壊延長 $l$ の拡大は小さいものと考えてよい。

崩壊厚 $h$ についても同様な観点から $L_2$ との関係を図-5に示す。 $L_2 \sim h$ の場合よりも相関性は低いものの一定の関係が明らかである。

道路延長方向の崩壊幅 $b$ も $L_2$ との関係が見られ、全資料の約70%が $b=(0.4 \sim 1.6)L_2$ の範囲内にある。

このように、崩壊延長 $l$ 、崩壊厚 $h$ 、崩壊幅 $b$ はいずれも斜面上端から崩壊地下端までの斜面長 $L_2$ との関係で論ずることができるが、崩壊下端が斜面上のどの地点に生ずるかは明らかにできていない。

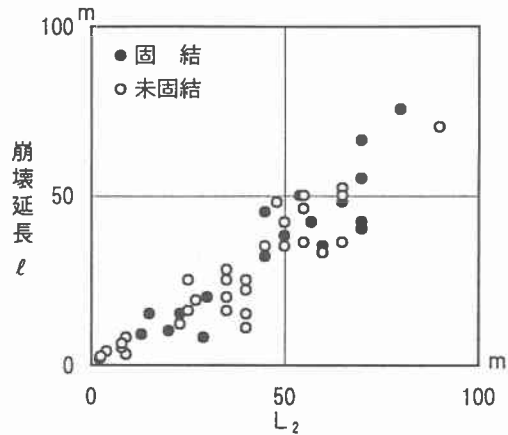


図-4 斜面上端から崩壊地下端の距離 $L_2$ と崩壊延長 $l$ (昭和56年8月)

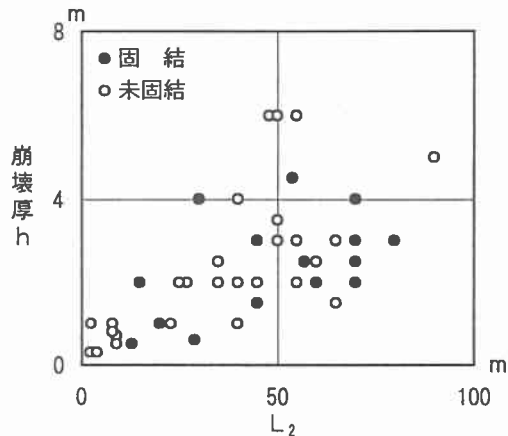


図-5 斜面上端から崩壊地下端の距離 $L_2$ と崩壊厚 $h$ (昭和56年8月)

図-6に総斜面長 $L$ と $L_2$ の関係を示しており、多くは $L=L_2$ すなわち斜面基部から崩落している。しかし一部は $L_2 < L$ すなわち斜面途中まで崩落し、基部斜面は崩落していない事例が10例ある。この10例とも、崩落していない基部斜面長は約20mであるが、その理由は未だ明らかにできていない。

### 3. 崩壊条件の分析

昭和56年8月豪雨で発生した崩壊地について、崩壊断面形を図-7に示すような円弧すべりを簡略化のため平面すべりと仮定すると次式が成立する。

すべり面方向の自重

$$W \sin \alpha \quad (1)$$

すべり面の抵抗力

$$Cl + (W \cos \alpha - U) \tan \phi \quad (2)$$

ここに  $W$ : 崩壊土重量(t)

$\alpha$ : 斜面勾配(度)

$C$ : せん断抵抗力( $t/m^2$ )

$l$ : 崩壊延長(m)

$U$ : 揚圧力(t)

$\phi$ : 土の内部摩擦角(度)

揚圧力を無視した場合 ( $U=0$ )

$$C < \frac{W \sin \alpha - W \cos \alpha \cdot \tan \phi}{l} \quad (C > 0) \quad (3)$$

揚圧力がある場合

$$U > \frac{Cl + W \cos \alpha \cdot \tan \phi - W \sin \alpha}{\tan \phi} \quad (U > 0) \quad (4)$$

(1) 揚圧力を無視した場合 ( $U=0$ )

いま $\phi=30^\circ$ 、飽和重量 $1.84(t/m^3)$ を用いて式(3)を等式で表わした場合の $C$ を求めると $C < 0$ の場合が8例見られた。せん断抵抗力 $C$ は $C > 0$ であるから揚圧力が働かないという仮定そのものが矛盾する仮定であったといえる。

(2) 揚圧力がある場合

式(4)で $C$ に仮定値を与えて $U$ を計算する。その結果は図-8に示すとおり $C < 1.6(t/m^2)$ では $U < 0$ の斜面が生ずる。揚圧力 $U$ は $U > 0$ であるから、そ

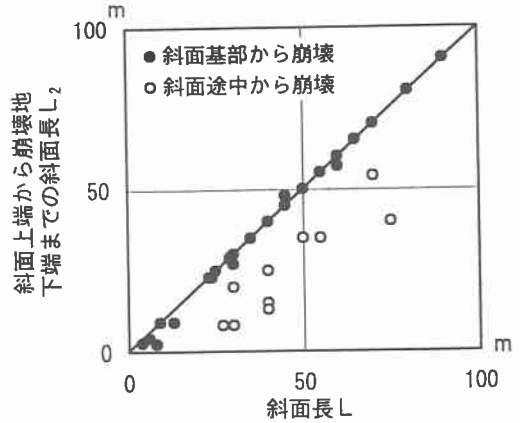


図-6 斜面長と崩壊下端位置の関係 (昭和56年8月豪雨)

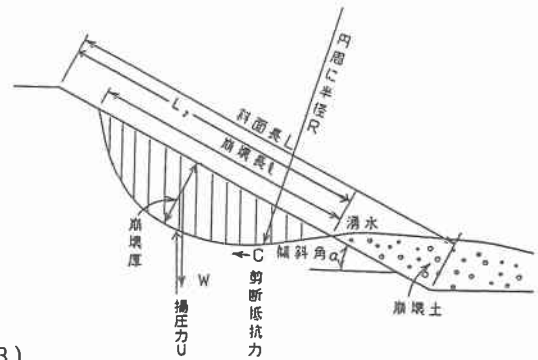


図-7 斜面崩壊モデル

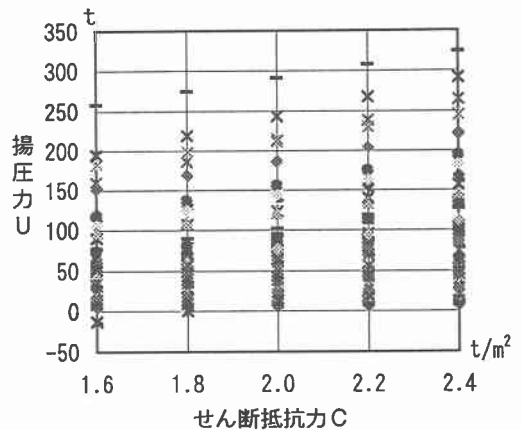


図-8 せん断抵抗力 $C$ と揚圧力 $U$

のためには $C \geq 1.8(t/m^2)$ であったことが考えられる。  
( $C$ の実測値は得られていない。)

いま $C = 2(t/m^2)$ の場合について、式(4)で等式で表わされる限界揚圧力 $U$ は $L_2$ との関係で図-9に示すとおり $L_2$ が大きい斜面ほど大きな $U$ が発生したと見られる。これを観点を変えて $U$ を崩壊延長 $l$ に対する平均揚圧力 $u(t/m^2)$ と置き換えてみると、図-10に示すとおり $u = 1.0 \sim 4.0(t/m^2)$ 規模以上の平均揚圧力が発生して崩壊現象が起きたものと推定できる。

まとめ

国道235号沿いの斜面崩壊は、1. 総雨量150mm かつ降雨強度約40mm/hrで起き始め、その後総雨量の増加によって崩壊箇所が増加する。2. 崩壊形状は斜面長 $L_2$ と関係している。3. 崩壊には揚圧力の発生が引き金となっている。揚圧力の発生は斜面の雨水の浸透、又は斜面背後地からの間隙水の補給等更に幅広い検討を要する。

最後に現地調査、崩壊地データの提供を頂いた北海道開発局道路維持課、室蘭開発建設部の関係各位に深甚なる謝意を表わします。

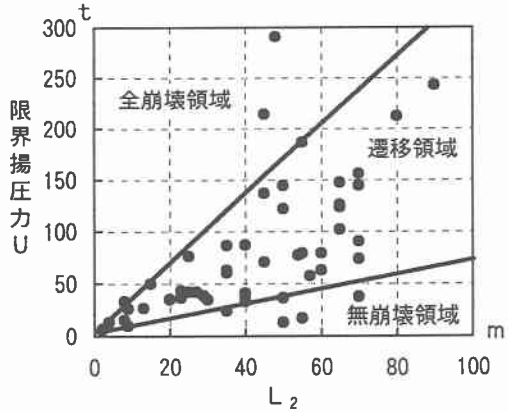


図-9  $L_2$ と限界揚圧力 $U$ ( $C=2(t/m^2)$ )

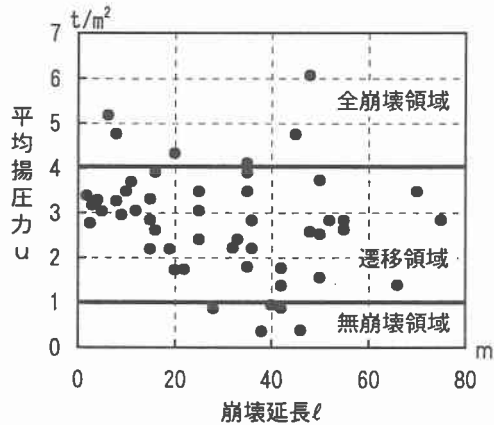


図-10 崩壊延長 $l$ と平均揚圧力 $u$   
( $C=2(t/m^2)$ )