複合災害科学部門　災害機構解析分野

斜面安定に及ぼす樹木の影響
―平成23年7月新潟豪雨による崩壊地での検証―

近藤　李香・川邉　洋・権田　豊

1.　はじめに

平成23年7月末に新潟豪雨が発生し，南魚沼市の塩沢観測所では県内最大の累積雨量を記録し，十日町市では県内最大の1時間最大雨量値を更新した．そのため県内各地では土砂災害が多発し，復旧工事が翌年までまたがる大規模な土砂災害も発生した．

従来から，山地に存在する樹木，特に地下に存在する樹木根系には斜面崩壊抑制機能があると考えられ，その効果は土の強度を補強するとされてきた（例えば北村・難波，1981）．

本研究では，平成23年7月新潟豪雨で発生した崩壊地において，樹木の存在が斜面安定にどのような効果を持つのか検証を行った．根系は土の粘着力（c）を補強するものとし，根の引き抜き抵抗力をモデル化した塚本（1987）の研究を参考にした．

2.　調査地と安定解析方法

崩壊の多発した新潟県南魚沼市で，4つの崩壊地に調査地を設けた（六日町①，②および塩沢①，②とする）．

安全率F_Sは式（1）で求めた．ここで，m:崩壊土体の重量（kgf），⊿m；樹木の重量（kgf），θ:すべり面の傾斜（°），c:土の粘着力（kgf），ϕ:土の内部摩擦角（°），C_R:根の引抜抵抗力（kgf），である．C_Rは式（2）で求めた（塚本，1987）．ただし，d_i:根の直径（mm），i:i番目の根，とする．$F_S \geqq 1$で斜面は安定，$F_S < 1$で斜面は不安定となる．

$$F_S=\frac{(m+\Delta m)\cdot\cos\theta\cdot\tan\phi+c+C_R}{(m+\Delta m)\cdot\sin\theta} \qquad (1)$$

$$\begin{cases} C_R=1.12\Sigma q_i \\ \log_{10} q_i=0.493+1.246\log_{10} d_i \end{cases} \qquad (2)$$

3.　安定解析の結果

新潟豪雨が発生した時に，斜面が臨界状態になったと想定し，土の強度を逆算法で求めた．すなわち，塩沢での累積雨量560mmがすべり面に静水圧として働き，この時F_S=1になったと仮定して土の強度を求めた（ϕが10°，20°，25°，30°の4通りの場合でそれぞれのcを求めた）．

この値を用いて，静水圧が働いていない時，すなわち豪雨前のF_Sを求めた．樹木の影響を調べるために，樹木の重量（⊿m）とC_Rを考慮しない安定解析も行った．樹木を考慮した安全率を$F_{S樹あり}$，考

慮しない安全率を$F_{S樹なし}$とする．すべての調査地で，ϕと共に$F_{S樹あり}$は増加している．しかし，以下の2つの傾向がみられた．

1）塩沢①，②ではϕが増加すると$F_{S樹なし}$は減少する．

2）六日町②以外の3地点では，$F_{S樹あり}<F_{S樹なし}$となる場合がある．

4. 考察

1）塩沢①，②で，ϕが増加すると$F_{S樹なし}$が減少することについて

ϕとcの値の変化に伴うクーロンの式$\tau=\sigma\cdot\tan\phi+c$（$\tau$:せん断強さ，$\sigma$:垂直応力）の変化から，塩沢での$F_{S樹なし}$の減少を裏付けることはできなかった．

各調査地の崩壊土体のブロックの大きさや傾斜，すべり面長などの影響を受けて，$F_{S樹なし}$がϕと共に増加するか，または減少するかが決められるものと考えられる．ちなみに，単純な半無限斜面を想定した安定解析を行ったところ，すべての調査地でϕと共に$F_{S樹なし}$は増加している．

2）六日町②以外の3地点で，$F_{S樹なし}>F_{S樹あり}$となる場合があることについて

樹木の存在が安定側に働く場合と不安定側に働く場合があると考え，a）樹木の重量のみを変化させた安定解析（根系の影響が及ぶ範囲外にすべり面が形成），b）樹木の重量と根系の引抜抵抗力を変化させた安定解析（根系の影響が及ぶ範囲内にすべり面が形成）の2通りの安定解析を行い検証した．

その結果，a）では樹木の重量の増加と共にFSは減少し，b）では樹木の本数と共にFSが増加する場合と，根系の増加が樹木の重量の増加による不安定化を補えず，FSが減少する場合があった．$F_{S樹あり}$と$F_{S樹なし}$の差を整理すると，式（3）のように表すことができる．

$$F_{S樹あり}-F_{S樹なし}=\frac{c\left(\frac{\Delta C_R}{c}-\frac{\Delta m}{m}\right)}{(m+\Delta m)\sin\theta} \qquad (3)$$

樹木の本数を変化させた時の$F_{S樹あり}$と$F_{S樹なし}$の大小関係は，$\Delta C_R/c$と$\Delta m/m$の大小関係によって決定される．これは，樹木の重量の増加は不安定側に働くが，根の引抜抵抗力の増加がそれを補うことで斜面が安定することを示している．

5. おわりに

樹木が斜面安定に与える影響は，効果がある場合，ない場合，むしろ逆効果になる場合があることが分かった．樹木の存在が，斜面安定に対し負の効果があることも推定できるため，今後はその点を踏まえて森林管理や土砂災害対策などを進める必要がある．

参考文献

北村・難波（1981）：林試研報，No.313，pp.175-208
塚本（1987）：文部省科研費研究成果報告書，pp.65-123