

1. はじめに

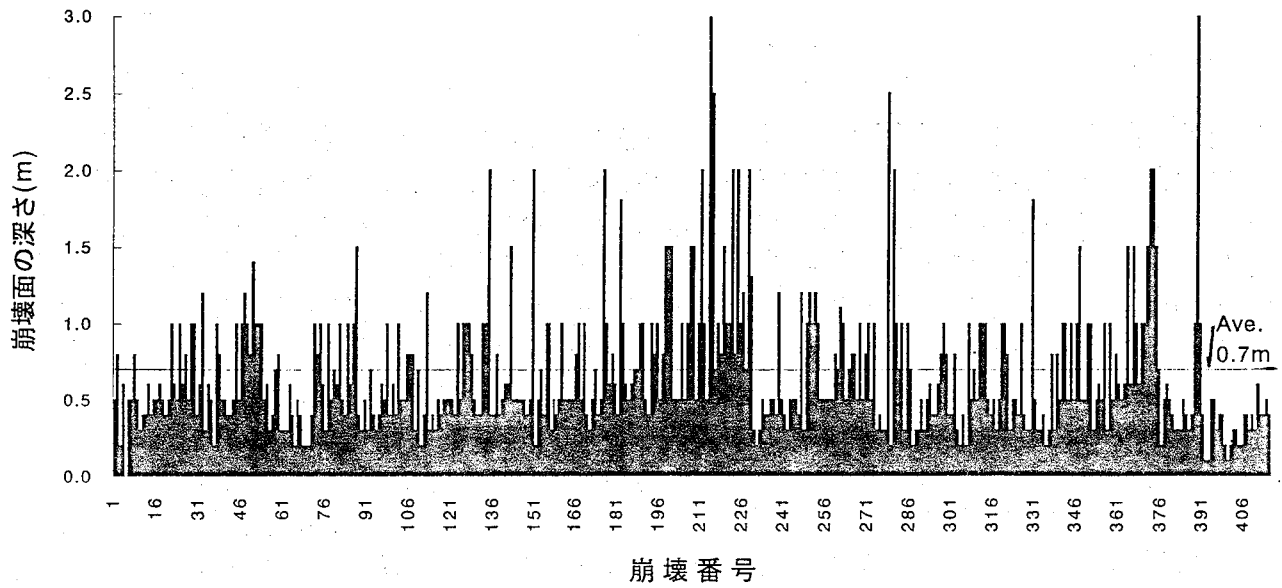
崩壊は、力学的にはせん断力がせん断抵抗力を上回った結果として説明できる。しかし、植生の影響については現在もなお定量化が困難な課題として残されている。最大の理由は、植生の有するどんな形態の抵抗力が実際場で発揮されているのかが明確にできていないことにある。これまでに植生の根系の緊縛力に関する実験研究として、植生の引き抜き試験や根の引っ張り試験、植生を生やした状態での一面せん断試験ほか種々の研究が行われてきたが、これらの方法が実際の崩壊時に発揮される植生による抵抗力への影響を的確に検討できるものであるのかどうか疑問がある。筆者は、昭和57年の長崎豪雨災害現場での調査、昭和58年の島根豪雨災害現場での調査、昭和61年京都府南山城災害調査、昭和63年広島県加計町での災害調査、平成5年の鹿児島や東広島での土砂災害現場での調査などの印象から、崩壊の発生・非発生に対する植生の影響は確かに大きい、実際の崩壊はその多くが根系の到達深さ直下で発生しているように感じていた。これまで種々のところで現地調査を行ってきているが、統計的に処理できる程度のまとまった調査は昭和63年7月に広島県加計町を中心とする地域で発生した土石流災害に関する調査だけなので、このときのデータをもとに植生の影響力について考察を加えることにする。

2. 崩壊発生地におけるすべり面の形態に関する考察

まず、1988年7月に広島県加計町を中心とする地域で発生した崩壊地で見られるすべり面の状況について、物質的な面から整理してみた。すべり面となっている部分は何らかの原因で強度の不連続が生じた場所あるいは弱部となった場所である。そのような場所であるすべり面(すなわち崩壊面)が表層の土層内に発生しているのか、それともはっきりと弱面とわかるような場所に発生しているのかどうか。もし土層内であればそれはごく表層の植生の根の影響の多いところであるのかどうかという点に着目することにした。現地での調査記録のある415箇所について分類してみると、表土層の内部にすべり面が存在するものは222箇所(53.5%)、岩盤との境界部または岩盤内にすべり面が存在するものは188箇所(45.3%)、不明5箇所であった。

次に、そのすべり面の深さはどの程度であるのかをまとめてみた。結果は図1に示すとおりである。単純平均値は0.7mとなり、それほど深いものではないが、この値よりも浅い崩壊の箇所数は268箇所(65.3%)である。先に述べたすべり面の形態との関係で示してみると、図2のようになる。すなわち、すべり面深さ平均値である0.7m以浅の崩壊箇所のうち126箇所(47.0%)は、はっきりと弱面となり得る表土層と基岩との境界部付近に発生した崩壊であること、また、この126箇所は、表土層と基岩との境界部付近に発生した崩壊総数188箇所のうちの67.0%にあたること、また、平均値である0.7mより深い崩壊の過半数は表土層内にすべり面が発生していることなどがわかる。また、図には表現されていないが、多くのすべり面付近には、崩壊の発生に対して抵抗し、引きちぎられたというような根系の形跡はほとんど観察されない。このことは、根系のおよんでいる深さのすぐ下部付近が一種の弱面となっていることを意味するものであろう。

図1 崩壊面の深さ



すべり面の深さと形態

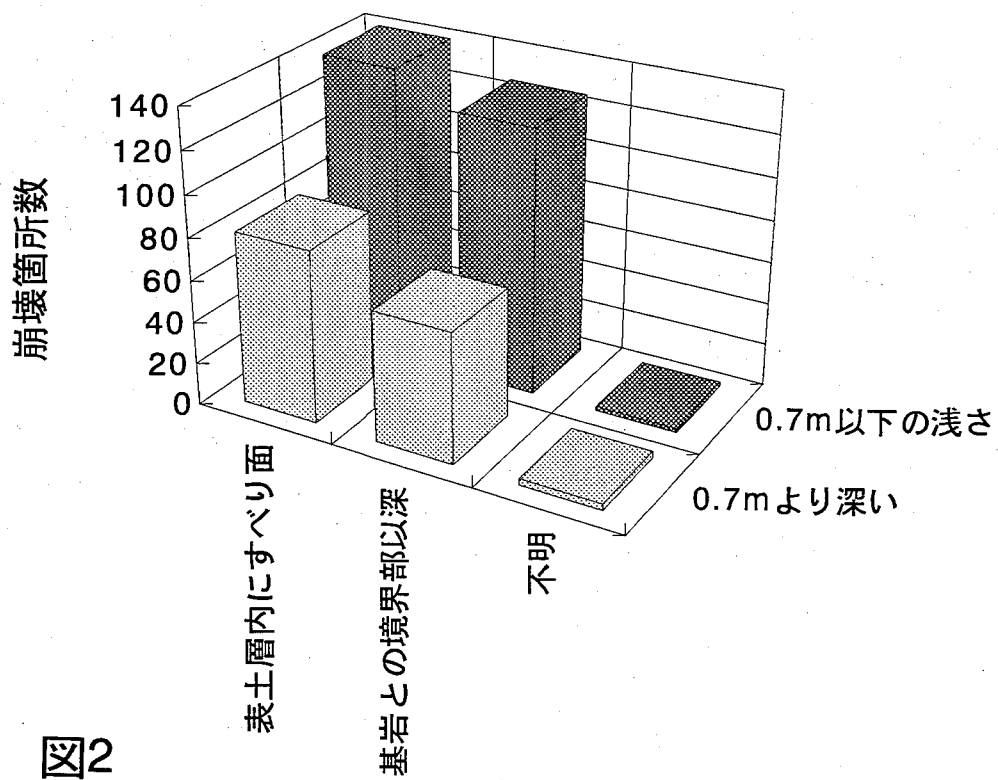


図2

3. 崩壊地の樹根の斜面安定化作用

以上のことから、樹根のおよんでいる深さまでの範囲では、従来より言われているように、根の緊縛力や根の引き抜き抵抗力、引っ張り抵抗力等が作用し、およんでいないところに比べて全体としての抵抗力が増えていると考えられる。従来、せん断面付近に根系が存在するかどうかの条件で、破壊に対する根系の強度増加への影響を調べる研究は多くなされてきた。しかし、ふつう斜面の安定解析において樹木の影響を定量的に考慮することはほとんどなされていない。樹木の根系に限ってみても、安定計算の中に取り込む方法はいまだに課題のままであると思われる。では、根のおよんでいない深さにすべりが発生する場合については抵抗体としては働かないのであろうか。

崩壊地周辺で深さ方向の表土層の密度変化を調べてみた一例を図3に示す。ここは自然植生の中での崩壊地で、すべり面の深さは鉛直に測った場合にほぼ1mの位置にあった。表層近くは非常に根系が密集しており、乾燥密度では 1.0g/cm^3 以下の値となっている。しかし、崩壊はこの深さには発生しておらず、根系の影響がなくなり、基岩に変化する深さに起きている。この付近の乾燥密度は約 1.4g/cm^3 である。

そこで、地表面が樹木の水平根のネットワークで覆われている場合を想定すれば、たとえば、根系のおよんでいない深さでのすべりであっても、一種の等体積せん断の形態が起きるのではないかと考えてみた。崩壊が発生する場合の誘因の多くが雨であるので、飽和条件としている。実際に一面せん断試験機を使って、ほぼこの乾燥密度のマサ土で等体積せん断をしてみた例が図4である。この図はせん断に伴う応力経路を描いたもので、せん断中の正のダイレタンシー傾向が垂直応力の増分となり、その分せん断抵抗力も増加していることを表している。この図を現場に当てはめて考えてみると、たとえば樹木の根のネットワークがなく、自由に体積変化の可能な等圧の場合だと、初期の垂直応力 150gf/cm^2 に対するせん断強度は約 125gf/cm^2 であるのに対し、等体積せん断の条件が成り立つようであれば、その強度が 200gf/cm^2 程度まで増加し得るとみることができる。もちろん、完全な等体積条件になることは考えられず、また、正負のダイレタンシーの発生傾向は密度に大きく依存するので、現場ごとに結果の傾向は異なるが、地表面を樹木の根がネットワークを組むような形態で存在するか、単独で存在するかは、その地下部でのせん断強度を等体積条件から求めるか、等圧条件から求めるかの違いに置き換えてもいいのではないか。

4. おわりに

1988年の広島県加計町を中心とした豪雨災害地域の調査から、人工林での崩壊の発生しやすさは、自然林でのその約3倍であった。このことは、もっと大きな差であるとして、当時生態学者からも指摘されており、人工林のスギ・ヒノキの根が浅いのに対し、自然林のナラ・シイなどは根が深いからであると言われてきた。しかし、調査地に自然林の崩壊がないわけではないし、また、人工林地での崩壊であっても、自然林の場合と根のおよんでいる深さではそれほど大きな差があるようには感じていなかった。ただ、自然林の根がネットワークを組んでいるのに対し、崩壊地周辺のスギ・ヒノキでは単独に存在しているように見えた点は大きく違っていた。この点を評価する一方法として、等体積せん断か、等圧せん断かというせん断様式の差を取り入れて考察してみたが、まだ、多くの検討課題が残っているように感じている。

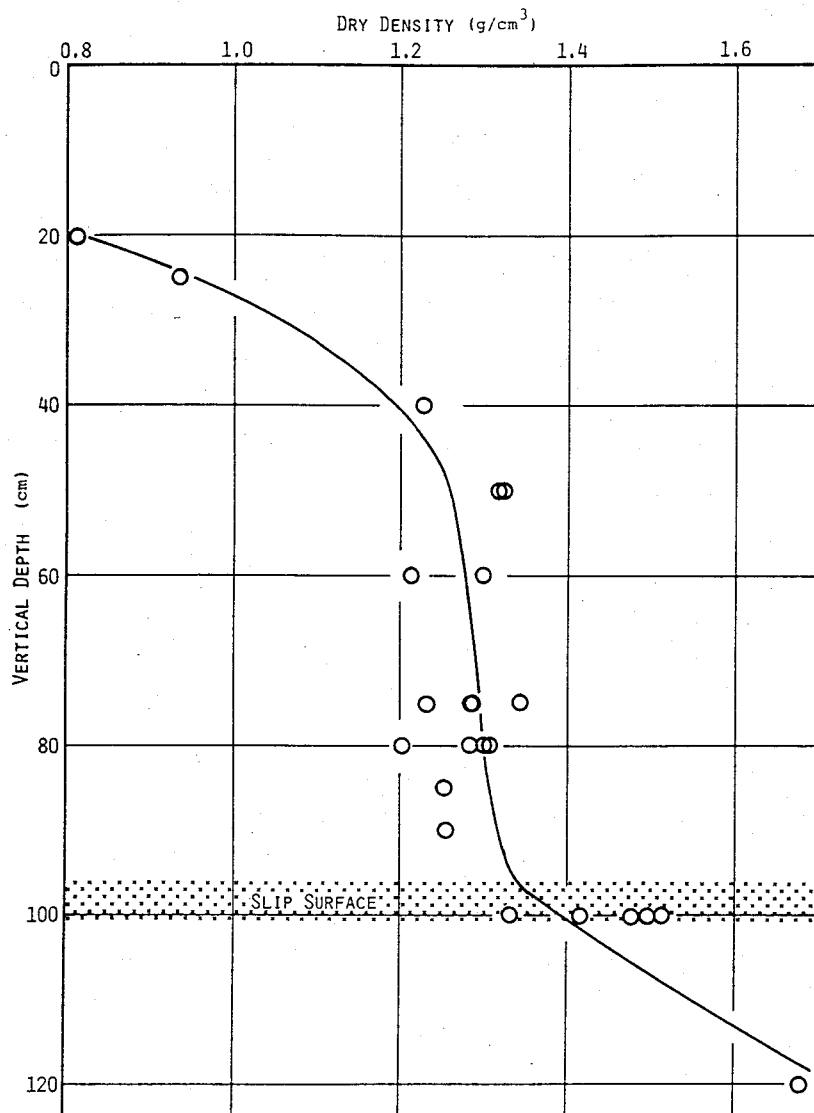


図3 マサ土の自然林地帯での深さと密度

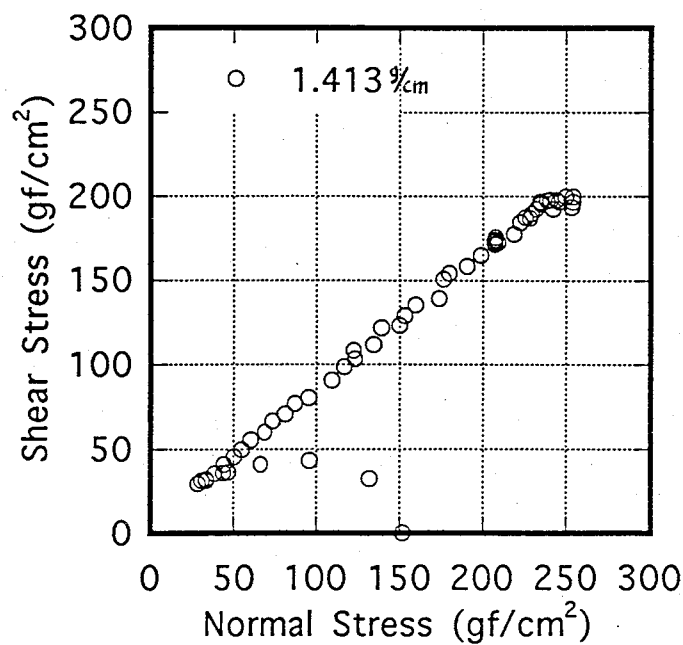


図4 等体積一面せん断の一例(マサ土攪乱)