

溪畔域における樹木の倒伏限界と土壌条件との関係

京都府立大学 ○船越達也, 三好岩生, 美濃部ゆず

1. はじめに

近年我が国では土砂災害や流木災害が多発しており、特に流木災害による人的・経済的被害が大きいことが問題となっている。流木の発生源は溪畔域であることが多く、そこでの土石流の減勢や流木化の抑制が重要である。また「生態系を活用した防災・減災」(Eco-DRR)を進める動きが国際的に注目されていることから、樹林帯の災害緩衝機能が期待されている。災害緩衝機能が発揮されるか否かは樹木の倒伏限界で評価でき、それに関する研究は様々な分野で進められている。しかし、溪畔域は山腹斜面や平地と土壌特性が異なるため、倒伏限界も違うことが予想されるが、溪畔域での情報はほとんど得られていない。そこで本研究では、溪畔域における樹木の倒伏限界と樹木の生育するうえで重要な土壌条件について調べ、倒伏限界に影響すると考えられる土壌と根系との力学的な関係性から、どのような環境において樹木が災害緩衝機能を発揮するのかを明らかにすることを試みた。

2. 調査地および方法

京都府立大学久多演習林内に流れる岩屋谷川上流域に成立する、過去に発生した土石流が堆積した『土石流堆積物』(集水面積:0.4km², 勾配:1/4), 過去の大規模な洪水時に掃流砂が堆積した『河川堆積物』(集水面積:2.4km², 勾配:1/30), 増水時は河川に沈む、礫が多く堆積した『段丘状堆積物』(集水面積:2.3km², 勾配:1/25)の3つの土壌条件にある溪畔域を調査地とした。各土壌条件で溪畔林の優先樹種であるトチノキを試料木として1本ずつ選定し、引き倒し試験を実施した。また各調査地の土壌を持ち帰り、せん断試験と粒度試験を実施した。

表 1 試料木の詳細

土壌条件	胸高直径 (cm)
土石流堆積物	8.7
河川堆積物	14.7
段丘状堆積物	14.4

3. 結果・考察

引き倒し試験では倒伏限界モーメント、せん断試験では土質定数(表 2), 粒度試験では土壌を形成する成分(図 1)を明らかにした。考察として、実測値と既往研究による推定値および、実測値と新たなモデルによる推定値との比較を行った。

表 2 せん断試験の結果

土壌条件	粘着力C (kN/m ²)	内部摩擦角φ (°)
土石流堆積物	1.03	46
河川堆積物	0.35	46
段丘状堆積物	1.48	36

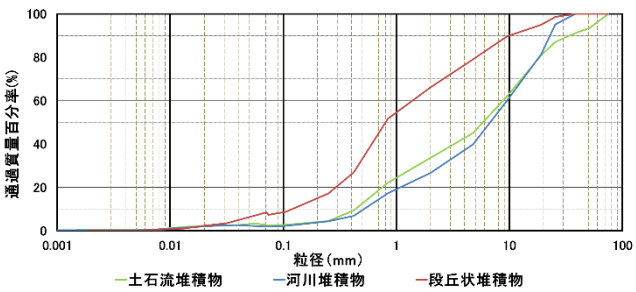


図 1 粒径加積曲線

溪畔域におけるトチノキの胸高直径から既往研究¹⁾で得られている最大抵抗モーメントを求める回帰式による推定値と実測値を比較した(図 2)。その結果、推定値は実測値と比べ、土壌によって過大過小に見積もられた。これは回帰式が溪畔域と一括りに作成されたもので、土壌の違いが考慮されていないからだと考えられる。また、調査地が異なることも影響していると考えられる。

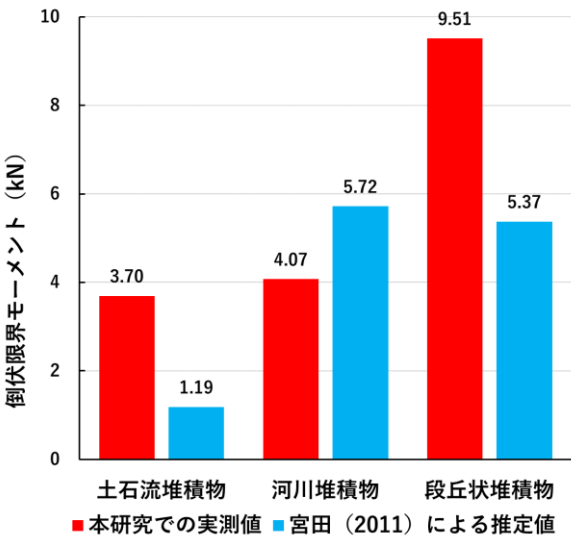


図 2 既往研究との比較

本研究で行った引き倒し試験の結果、すべての例で根返り状の倒伏が起こり、根系と土壌が一体となった欠球状の塊が、その下部の根系が少ない土塊との間ですべるようにせん断が起こっていた。そこで、根返り時の抵抗力は欠球状の根鉢が円弧すべりをするとして、土壌のせん断抵抗力を地すべりの円弧すべりモデルの応用で、根系のせん断抵抗力を放射状に根系が発達するとしたモデルから計算した。土壌のせん断抵抗力については、せん断面の形状と土質定数から算出され、根系のせん断抵抗力は既往研究²⁾³⁾⁴⁾によって与えられた数値から算出される。それらの合計値を倒伏限界モーメントの推定値とした。推定値と実測値を比較する(図3)と、土石流堆積物と段丘状堆積物では比較的近い値になったが、河川堆積物では推定値がかなり大きくなっている。土石流堆積物は河川堆積物よりも大きな礫が多いにもかかわらず、砂質分が多いこと、段丘状堆積物は砂質分が非常に多いことから、根を十分に張ることができるのに対して、河川堆積物は礫が大半を占めていること、地下水面が高いこと、そもそもの土壌層が薄いことから、根は垂下方向に成長することができず、水平方向にのみ成長すると考えられる。そのため、河川堆積物内では根鉢が十分に形成されず、本研究で作成したモデルを用いた算出が不適切であることが考えられる。また、土石流堆積物よりも段丘状堆積物の方が推定値と実測値が近かった理由として、土石流堆積物は土壌内に礫が多いことで、根鉢が礫を抱え込むことによる根鉢重量の増加や礫同士の隙間に根が入り込むことによる抵抗力増加といった補強効果があると考えられるが、段丘状堆積物は砂質分が多いため、このような補強効果はないと考えられる。この補強効果の有無はモデルには加味されていないため、補強効果のない段丘状堆積物では実測値と推定値が近くなったと考えられる。推定値の計算に用いられる根系のせん断強度に伴う抵抗力は、根鉢の大きさや全根長に応じて増減するものであるが、これらの地下部に関する情報は得に

くいため、既往研究で示されている地上部の情報(胸高直径)からの推定式によって計算している。しかし、河畔域という特殊な土壌条件にある場合は、山腹斜面等での調査結果に基づいた既往の推定式では、地下部の情報が正確に推定できず、このことが推定値と実測値の差の大きな原因になっていると考えられる。したがって、河畔域における樹木の倒伏限界を高精度で推定するためには、河畔域の土壌特性を考慮した根系に関する情報を蓄積していくことが必要と考えられた。

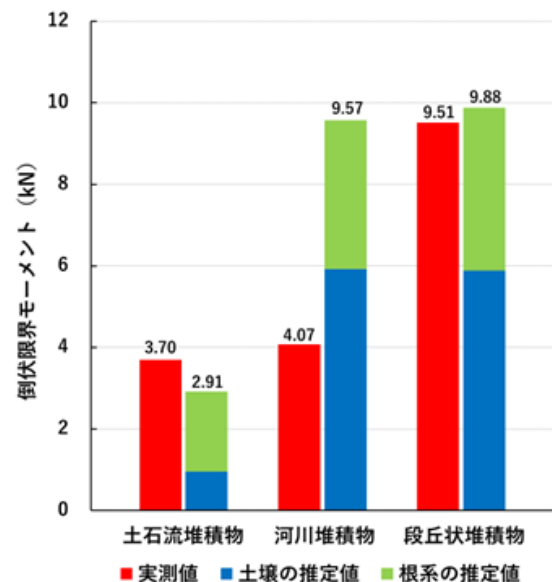


図3 モデルによる推定値との比較

4. まとめ

本研究によって、河畔域においては山腹斜面と違って多様で独特の土壌条件があるため、樹木の倒伏限界強度も場所によって大きく変わることが明らかになった。根系が地中深くまで届いていて大礫を抱え込むような土壌条件では、既往研究で示されるよりも大きな倒伏限界強度が期待できるが、その逆の条件では極度に倒伏限界強度が小さくなることが分かった。したがって、樹林帯による災害緩衝機能や流木化の危険性を評価する際には、土壌条件による倒伏限界の違いを重視する必要がある。

参考・引用文献

- 1) 宮田賢 (2011): 河畔樹種の土石流緩衝機能, 中部森林技術交流発表集, Vol. 2010, p173-182
- 2) 荻住昇 (2010): 最新樹木根系図説, 誠文堂新光社
- 3) 北原曜 (2010): 森林根系の崩壊防止機能, 水利科学, Vol.53, No.6, p.11-37
- 4) 樗健典・梶谷宜弘・島村誠 (2012): 樹林を導入した防災設備の可能性, JR EAST Technical Review, No.40