

根系の杭効果による崩壊防止機能

宮崎大学農学部 谷口 義信
高橋 正佑

1. まえがき

過去の山地災害調査例によると、樹木の斜面崩壊防止効果は統計的にも明らかである¹⁾。また裸地に比べて林地の方が斜面安定係数の増加することも明らかにされている²⁾。ただ山地斜面の特性やその他の自然条件によってその有効性の程度は異なる。しかし樹木の根系がかなり発達する範囲における表層崩壊に対しては根系の崩壊防止機能は有効に働くと考えられる。地形・地質や、降雨要因等は人為的に変えたりコントロールすることはできないが、林木は施業管理方法によりある程度斜面の崩壊防止機能を向上させることは可能である。筆者等は以前単木(1本の根)による斜面固定化の範囲について調べたが³⁾、ここでは複数木を用いた場合、単木の場合に比べてどの程度崩壊防止機能の向上が見られるかを実験的に追究した。

2. 実験装置・実験方法

実験装置は図-1に示すように、39×70×18cmの木製の箱の底面に直径1cmの棒を直角方向に固定し、箱内に土砂を充填したものである。樹根杭は1本～3本とし、これを横配列、および縦配列の2種類に分けた。土砂材料には森林土壌とシラスの2種類を用い、土層厚は10cmとし、ここでは模型斜面を徐々に傾斜させ、すべりが生じた時点で、樹木(模型根)を中心に扇形に形成されたすべり線の広がり角度を測定した。なお森林土壌の平均粒径は0.14mm、シラスは0.10mmである。

表-1 樹木の根の調査結果

樹種	測定深さ(cm)	幹直径(cm)	根直径(cm)
マツ	70	25	5.0
	70	25	6.5
	200	40	13.0
	200	50	9.0
カシ	70	100	7.0
	100	100	5.0
	60	80	9.0
	50	35	11.0
	30	20	7.0
ヒノキ	100	30	15.0
	150	40	7.0
	50	30	11.0
シイ	50	40	11.0
	50	40	10.0
	200	100	12.0
スギ	200	80	6.0
	100	40	14.0
イソノキ	80	25	9.0
	50	30	11.0
	50	40	8.0
	50	40	11.0

ここでは模型斜面に固定した棒(模型根)を一種の杭と見なした。現実的には表土以下の硬い層の中には大きな根は伸びにくく、杭効果は少ないように考えられているが、実際の表層崩壊斜面を見ると、硬い層の境界層付近を根は四方にかなり広く延び、主根による杭効果もかなり認められる。

下川等も模型根を用いて杭効果のあることを明らかにしている⁴⁾。表-1は宮崎大学田野演習林において調査した露頭断面における樹木の根の大きさと測定点の深さを示したものである。同表で明らかなように表層部の土中に延びている根は地表下面1mにおいて10cm以上に及ぶものもあり、このことからある程度根を一種の杭と見なしても差支えないであろう。

3. 実験結果

図-2は森林土壌における1本、2本、3本横配列の場合のすべり線の広がり角を示したものである。ここに横軸は樹木を配列した横断方向の距離を示し、縦軸は

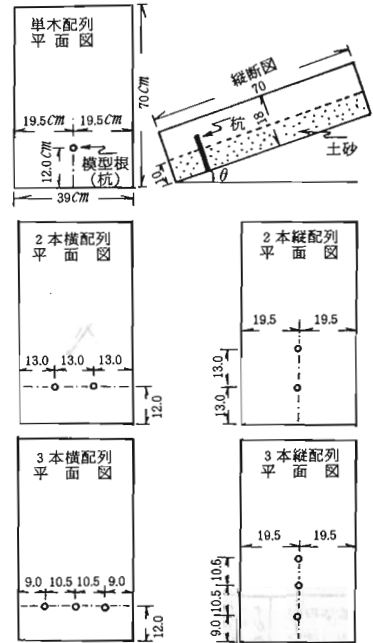


図-1 模型根の配列斜面実験装置

斜面長を示す。

単木の場合は
模型斜面横断
の中央に配置、
2本の場合は
斜面幅の $\frac{1}{3}$ 、
 $\frac{2}{3}$ の点に配置、
3本の場合は
 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{2}{4}$ 、 $\frac{3}{4}$ の
点に配置した。

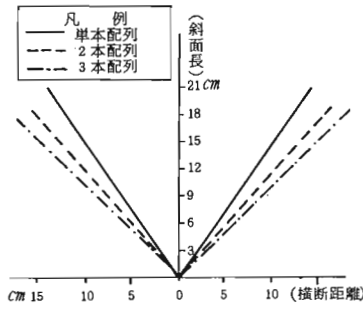


図-2 横配列の場合のすべり線の形

図-3は森林
土壌縦配列に
おける実験結
果を示したも
のであり、表
-2は各実験
におけるすべ
り線の広がり
角度およびす
べり発生時の
斜面傾斜角を
一括して示し
たものである。

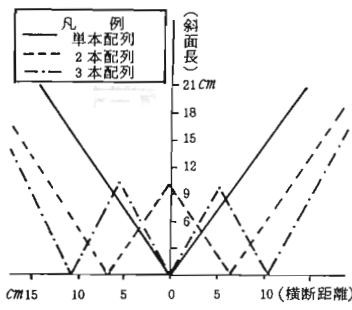


図-3 縦配列の場合のすべり線の形

同表において
横配列の場合、
すべり線の広がり角度が複数個で示さ
れているのは、それぞれの杭（模型根）を
中心に割った広がり角度で示したためである。

表-2 すべり線の広がり角度および斜面傾斜角

模型根配 列の種類	すべり線の広 がり角度(°) 森林土壌	すべり発生 傾斜角(°) 森林土壌	すべり線の広 がり角度(°) シラス	すべり発生 傾斜角(°) シラス
1本配列	68	39	84	41
2本横配列	64	66	83	89
2本縦配列	82	44	99	46
3本横配列	50	55	57	45
3本縦配列	90	46	108	56
				50

4. 考 察

2本杭（根）、3本杭の横配列の場合のすべり線は図-2に示すようにW形などの複雑な形となり、単純にすべり線広がり角度を求めることはできない。ただ図-2からも明らかなように、複数の場合は単木のを横方向に連ねたものであるから、斜面内の樹木本数が増すにつれて、その固定化の範囲も広がるのは当然である。なお杭が2本、3本となるにつれて、すべり線の広がり角度が小さくなっているが、その原因についてははっきりわからない。しかしその影響を考慮して、杭によって移動が阻止された土塊の体積増加量を

計算しても、広がり角度を単木の場合と同じとした値に比べて僅少であるので、ここではこれと同じとして樹木本数の増加による崩壊防止効果 ΔE を求めると、近似的にはつぎのようになるであろう。

$$\Delta E \doteq K_1 \left(\frac{d}{L} \right) / \sin \frac{\theta}{2} - K_2 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \cot \frac{\theta}{2} / \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2}$$

ただし K_1 、 K_2 は樹木の配列本数、間隔等によって決まる数であり、 θ はすべり線の広がり角度、 d は樹木間隔、 L は斜面長である。ここで本実験における値 $\theta = 68^\circ$ 、2本配列杭、3本配列杭の K_1 、 K_2 の値を代入すると $\Delta E_2 \doteq 1.79 \left(\frac{d}{L} \right) - 0.80 \left(\frac{d}{L} \right)^2$ 、 $\Delta E_3 \doteq 2.68 \left(\frac{d}{L} \right) - 1.80 \left(\frac{d}{L} \right)^2$ となる。ここに ΔE_2 、 ΔE_3 は単杭の場合に比べて2本および3本杭の場合の崩壊防止効果の増加率であり、これからも明らかなように $\frac{d}{L}$ が小さい場合は樹木本数が増すにつれてその効果の大きくなることがわかる。

縦配列の場合についてみると、表-2からも知れるようにすべり線の広がり角度は森林土壌ではそれぞれの樹木本数に対し 68° 、 82° 、 90° となり、一方シラスでは 84° 、 99° 、 108° となり、樹木（根）本数が多くなるとつれて土砂の移動阻止範囲は大きくなっている。またすべり発生傾斜角も森林土壌では 39° 、 44° 、 46° となり、シラスでは 41° 、 46° 、 50° となっており、本数とともに若干大きくなって、その配列効果が認められる。ここで複数配列にした場合の崩壊防止機能の増加を横配列の場合と同様単木を基準として計算すれば、近似的には、 $\Delta E \doteq (2 \Delta \theta \Delta I / \theta I) \times 100$ で表わされるであろう。ここに θ はすべり線の広がり角度、 I は斜面傾斜角、 $\Delta \theta$ 、 ΔI はそれぞれの増加量である。いま森林土壌を用いた本実験における諸数値を上式に代入すると2本配列の場合が5.3%、3本配列の場合が11.6%の増加となる。またシラスでは2本配列の場合が4.4%、3本配列の場合が12.5%となり、複数配列の効果が認められる。

5. ま と め

本実験において求められた数値自身ほどの山地斜面にも適用される一般性を有するものではないが、横配列、縦配列のいずれにせよ立木（根）本数が増加するにつれて崩壊防止機能の向上することは認められる。

引用文献

- (1) 山口伊佐夫：砂防工学，34，地球社
- (2) 駒村富士弥：治山・砂防工学，97，森北出版
- (3) 谷口・高橋：根系による斜面安定化効果の範囲，日林九支論，38，323～324，1985
- (4) 下川・春山：山地崩壊に及ぼす森林の影響についての一試験結果，日林九支論 30，285～286，1977