

## 崩壊跡地の形状と樹木の崩壊防止効果について

九州大学農学部 編引 靖

### 1. はじめに

樹木(森林)の崩壊防止効果に関する最近の研究では、従来から知られている根系の杭やネットとしての効果(以下、杭効果、ネット効果と呼ぶ)が有力であるとする考え<sup>1)</sup>のほか、横方向に並んだ根系がアーチ状に連なって力学的に効果を発揮するとする考え<sup>2)</sup>も示されている。崩壊には多くの要因がかかわるので、各現場の状況により樹木が崩壊防止に果たす役割はさまざまであると考えられる。ここでは一地域の事例として、1982年7月の豪雨により多数の崩壊が発生した長崎市における崩壊地調査に基づき、崩壊跡地の形状と樹木の崩壊防止効果について基礎的考察を行ったので、その効果について報告する。なお本研究を行うにあたりご指導を戴いた本学砂防教室竹下敬司教授に、また現地調査に協力して戴いた砂防教室長沢喬教務員、演習林の丸谷知己助手の各位に謝意を表します。

### 2. 調査地と調査方法

調査地は長崎市北東部(現川地区)の人工林内の崩壊地である。ここで崩壊地内部(周辺部を含む)の地形と崩壊地周辺部の残存樹木についての調査を、1985年12月と1986年1月に、合わせて11箇所行った。崩壊地の地形については、その崩壊幅、崩壊長さ、崩壊深さ(これらは各崩壊地のなかで最大値とする)、崩壊面積(以上いずれも斜面上での値)、元の地表面傾斜をそれぞれ測定した。周辺部の樹木についてはその根が崩壊地滑落崖に露出したものについて、樹種およ

表-1 測定結果

崩壊地 地名	崩壊 幅 (m)	崩壊 長さ (m)	崩壊 深さ (m)	崩壊 面積 (m <sup>2</sup> )	斜面 傾斜 (°)	樹木 の本数	最多樹種 (その本数)	胸高直 径 (cm)	樹冠半 径 (m)	根系の 深さ (m)	根系の 最大 深さ (m)
1	26.2	29.7	3.6	542	33	6	ヒノキ(4)	7	1.1	0.8	1.0
2	22.4	34.8	3.7	556	32	14	ヒノキ(14)	12	1.4	0.8	1.0
3	11.6	19.5	1.4	180	36	7	ヒノキ(7)	11	1.4	0.7	0.8
4	11.0	16.8	1.1	137	41	15	ヒノキ(15)	10	1.6	0.5	0.6
5	11.2	13.4	1.3	124	39	5	ヒノキ(4)	6	0.9	0.5	1.0
6	11.2	11.0	1.4	102	45	6	ヒノキ(2,2)	7	1.3	0.8	1.0
7	15.2	17.1	1.9	197	33	13	スギ(13)	10	1.1	0.7	1.0
8	13.6	14.7	1.3	160	33	13	スギ(10)	12	1.1	0.8	1.2
9	11.6	10.0	1.2	94	31	7	ヒノキ(5)	12	1.0	0.9	1.2
10	12.8	16.3	3.2	150	31	10	スギ(5)	8	1.1	0.6	0.9
11	22.0	17.6	3.0	277	36	14	スギ(12)	10	1.4	0.9	2.0

び本数、胸高直径、樹冠半径、根系の深さ、根系の半径(斜面方向の値)をそれぞれ測定した。以下崩壊地内部には、崩壊地周辺部と同様の樹木が存在していたものとして考察を行う。

### 3. 結果と考察

上記の各要素の測定結果は表-1に示すとおりである。ここで胸高直径、樹冠半径、根系の深さ、根系の半径は各崩壊地についての平均値である。まず表-1に基づいて、各測定要素間の相関係数を示すと表-2となる。この表で崩壊地の形状を示す崩壊幅、崩壊長さ、崩壊深さについては、胸高直径、根系の深さ、根系の半径および、元の地表面傾斜のいずれとも強い相関関係は認められない。樹木と崩壊地形との関係については、この相関係数では十分には明らかにしえない。ここでは一地域の事例なので全体として差が小さいという理由も考えられる。一方崩壊幅、崩壊長さ、崩壊深さ、崩壊面積など崩壊形状に関する要素には相互に強い相関関係が認められる。そこで以下ではまず、樹木の樹冠と根系および崩壊深さをもとに樹木の杭効果、ネット効果について、次に崩壊地形要素の相互関係をもとにこれと樹木の崩壊防止効果とのかかわりについて具体的に考察する。

1) 崩壊深さと根系の最大深さとの関係(樹木の杭効果について) 各崩壊について崩壊深さと根系の最大深さとの関係を示すと図-1となる。全体的には根系の最大深さは崩壊深さの値に達しておらず、樹木の杭効果は崩壊面全面にわたっては作用しなかったといえる。

表-2 測定要素間の相関係数

要素	崩壊幅	崩壊長さ	崩壊深さ	崩壊面積	斜面傾斜	樹木の本数	胸高直径	樹冠半径
崩壊長さ	0.80							
崩壊深さ	0.85	0.77						
崩壊面積	0.92	0.96	0.82					
斜面傾斜	-0.38	-0.36	-0.48	-0.37				
樹木の本数	0.21	0.24	0.19	0.17	-0.19			
胸高直径	0.01	0.13	-0.10	0.06	-0.47	0.57		
樹冠半径	0.10	0.29	0.07	0.17	0.38	0.54	0.32	
根系の深さ	0.48	0.13	0.28	0.32	-0.32	0.02	0.43	-0.02

Kiyoshi WATAHIKI (Fac. of Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812)  
The shape of hillside collapse and the effect of trees on preventing collapse

根系の最大深さは崩壊深さにかかわらず、1 m程度のことが多い。そこで根の杭効果が及ぶ深さを近似的に1 mと考え、各崩壊地内で深さが1 m以下の部分の面積率を求め、これと崩壊深さとの関係を示すと図-2となる。同図で両者にはかなり明確な関係があることが分かる。崩壊深さ3 mの箇所では、深さ1 m以下の部分の面積率は40%程度に減少するから、この場合の杭効果は相対的に低下するであろう。崩壊深さ1.3 m程度の場合この面積率が90%以上となるから杭効果はかなり期待できるであろうが、実際には崩壊が起きていることからすると、この値が極めて高い場合でも、崩壊を防止するだけの効果は発揮されていないという可能性もある。またこの値のほか、根系の平面的に占める密度が関係するということも考えられる。

2) 樹冠半径と根系の半径との関係(樹木のネット効果について) 樹冠半径と根系の半径の各値を示すと表-3となる。測定値が少ないので十分なデータとは言えないが、根系の半径は樹冠半径の0.79~1.6倍であり、このうちNo.11を除くと、それらの値は少なくとも1.2倍程度あり根系の半径は樹冠半径より大きい。したがって、根系は樹木の地上部より外側の区域に張り出していることになり、隣接樹木の根は相互にかみ

表-3 樹冠半径と根系の半径

崩壊地No	樹冠半径(m)	根系の半径(m)	直径1cm以上の根系部の半径(m)
8	1.1	1.7	1.1
9	1.0	1.6	1.0
10	1.1	1.3	0.8
11	1.4	1.1	1.0

あっており、ネット効果は存在しうるといえる。しかし同表に示す直径1 cm以上の根系部の半径は、

樹冠半径の0.71~1.0倍で樹冠半径以下である。したがって根の比較的太い部分によるかみあわせはなく、強いネット効果は期待できない。一般に滑落崖に露出した根を観察すると末端部で切れていることが多い。十分なネット効果が発揮されるのはどの程度の太きの根がかみあったときなのか、さらに考察を必要とする。

3) 崩壊幅と崩壊長さの関係 崩壊幅と崩壊長さには図-3に示すように全体としては比例関係が認められる。崩壊長さは崩壊幅の0.8~1.7倍で、あまり細長い崩壊形状でない。これはこの崩壊が流動性の強くない崩壊であることを示している。ここで注目されるのは、崩壊幅の下限値は11 m程度(11.0~11.6 m)の所に集まっていることである。これを説明するものとしてたとえば、これらの箇所は、同一地域のヒノキ人工林なので、樹木の植栽密度がほぼ同じであると考えられる。この場合、その崩壊幅に含まれる同じ列数の樹木を含む林地斜面の崩壊に対する抵抗力よりも大きい外力がはたらいて崩壊が起こったことが想定される。そしてこの幅以下の樹木の列では崩壊は起こりにくい可能性もある。崩壊幅の下限値に見られるこのような特徴は樹木の影響と考えるのが妥当である。

4) 崩壊幅と崩壊深さの関係 崩壊幅と崩壊深さの関係は図-4に示すとおりである。崩壊幅が広くなるとともに崩壊深さは深くなる。崩壊幅が下限値を示す11.0~11.6 mの所では崩壊深さは1.1~1.4 mでその差が小さく、それらの断面形は相互に近似しているといえる。崩壊幅が11.0~11.6 mの場合とこれの約2倍の22.0~22.4 mの各場合を比較すると、後者は前者に対し崩壊深さは2倍以上である。表-1よりそれぞれの崩壊深さの平均値を求め比較すると、前者1.3 mに対し後者は3.4 mで後者は前者の2.6倍である。すなわち各場合の断面形は相似な形でなく深さ方向に比率が増加している。図-4でも特にこの傾向が著しい場合が認められる。ところで根系の深さ/崩壊深さは、後者の崩壊幅では0.22~0.30であり、先に示した前者の場合に比べ小さく、崩壊幅が広がるほど、根系が崩壊断面に占める割合は小さくなっている。これは図-4の傾向に具体的にどのように関連するのか、今後検討を必要とする。

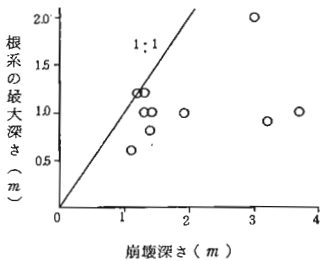


図-1 崩壊深さと根系の最大深さとの関係

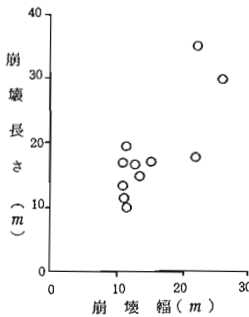


図-3 崩壊幅と崩壊長さとの関係

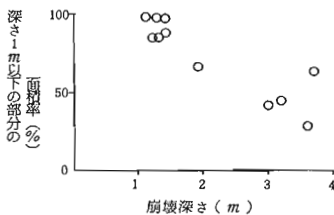


図-2 崩壊深さと深さ1 m以下の部分の面積率との関係

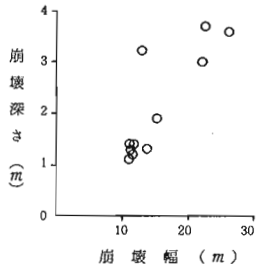


図-4 崩壊幅と崩壊深さとの関係

引用文献

(1) 塚本良則：東京農工大演報 23, 81~84, 1987  
 (2) 竹下敬司ら：99回日林論, 583~584, 1988