

Ⅲ-16 根系による斜面の安定性と補強機構

愛媛大学大学院 学正員 ○浅木佑允
(株)環境地質 正会員 稲垣秀輝
金 亀 建 設 山崎一進
愛媛大学工学部 正会員 二神 治

1.はじめに

我が国に発生する斜面崩壊の90%は表層崩壊で占められ、これらを未然に防ぐことは極めて重要である。表層崩壊とは、樹木の根が分布する深さもしくはそれよりやや深い程度の土層が、降水の浸透とその地下水によって凝集力・粘着力などの力学的安定性を失い、地表に沿って剥落・滑落などの形で急激に崩れるものであり、降雨の強度や表面地形との関係が深い。さらに、植生状況がこれらの表層崩壊に大きく関係していることが推測される。つまり、植生による斜面安定効果として、降雨の分散や地表の浸食防止、根系による表層の緊縛効果、杭効果が考えられる。そこで、本研究では根系を使用した室内一面せん断試験を行うことにより根の張り方による斜面安定効果への影響を求めるとともに、現地での貫入試験、サンプリング試料のICP分析装置を用いた元素測定を行った。

2.現地地盤調査

室内試験に先立ち土質試料・根系を採取するために現地調査を行った。調査地は松山市上伊台である。地形的には標高400m前後の丘陵性の山地で、広く中生代白亜紀の領家花崗岩類が分布している。調査地は花崗岩が厚くマサ化しており、その上位に30~40cm程度の表土層が形成されている。表土層中には、コナラやアラカシの根茎が認められるが、オニマサ状の風化花崗岩には根茎は認め難く根系層崩壊を発しやすい地盤である。ただし、花崗岩中に層入した岩脈には割れ目が多くここには根茎が下方地盤に侵入していた。また一部風化が著しく進み粘土状になっている箇所も見られた。

1)動的簡易貫入試験

地盤の工学的特性を調査するためにこの調査地の5ヶ所(図-1)において動的簡易貫入試験を行った。調査結果を図-2に示す。図-2からNd値が急上昇する深度が30~40cmにおいて見られた。これよりこの深度が根系の成長の下限値であると考えられる。

2)ICP発光分光分析装置における解析

動的簡易貫入試験を行った地点の内、①、②、④について、地表から20cm、30cm、40cm、50cmの深度の土試料をサンプリングし、ICP分析装置を用いて土試料から抽出した元素を測定した。その結果を図-3に示す。図によると根系の分布下限である根系層崩壊のすべり面付近となる深度40cm付近にAl、Siの集中のピークを示している。Al、Siは岩石が風化する際、残留することが多い元素であるとともに、Na、K、Caのようにイオン化し流出しやすい元素に比べてイオン化しにくく、地下水の流下によっても移動しにくい元素である。したがって、これらの分析結果は地盤の不連続面であるすべり面付近で地下水の流動性が高いことを示唆する結果と考えている。

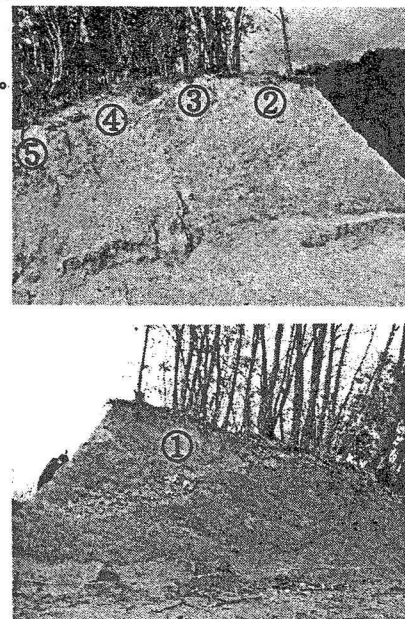


図-1 調査地(上:南側斜面)
(下:東側斜面)

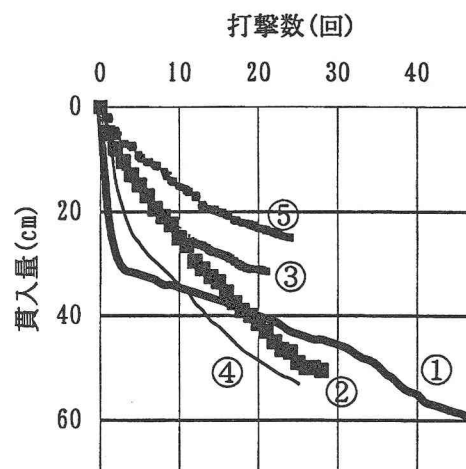


図-2 貫入試験結果

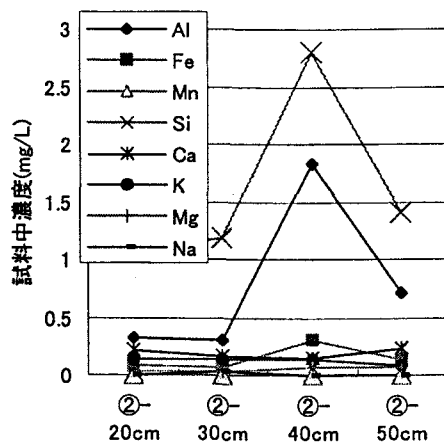


図-3 深度ごとの元素濃度

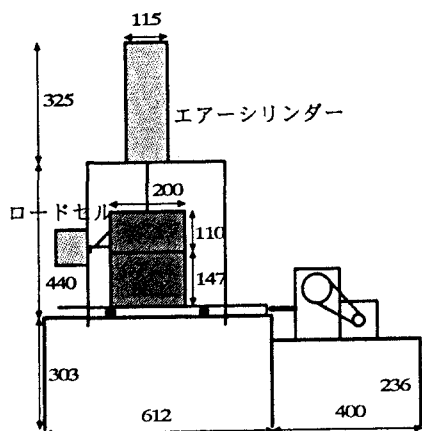


図-4 大型一面せん断試験機

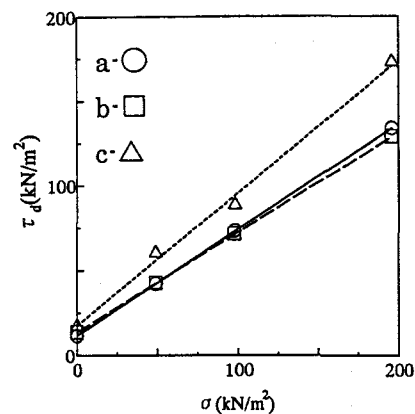


図-5 一面せん断試験結果

	a	b	c
ϕ (°)	32.0	30.4	38.0
c (kPa)	11.8	13.8	17.7

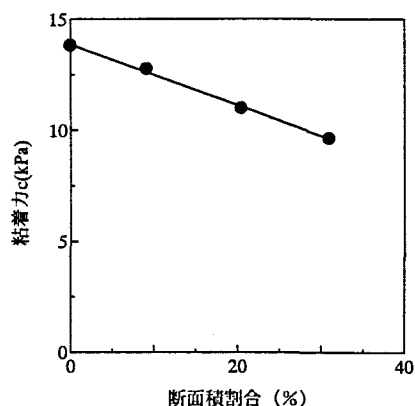


図-6 一面せん断試験結果

3. 一面せん断試験

1) 試験方法

土質試料・根茎は前述した調査地において採取した。土粒子の密度は 2.70g/cm^3 で、粒径は 2mm 以下とし、そのうち 10% 程度がシルト・粘土である。また、コナラ・アラカシの広葉樹の根茎材料を採取した。一面せん断試験は図-4 に示す大型一面せん断試験機を使用した。せん断面積は $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ で、せん断速度は 0.2mm/min である。試験は根茎が a. すべり面と平行・b. 根茎無し・c. 根茎がすべり面と垂直の 3 ケースで行い、根茎の異方性や根茎の有無によるせん断強度の変化を調べた。a. すべり面の上面内に長さ 20cm 平均直径 1.52mm の根茎をせん断方向に 12 本並べた c. すべり面に垂直方向ですべり面に杭を打ったように長さ 20cm 、平均直径 1.57mm の根茎を縦、横 6 本ずつ計 36 本配置。試験条件は調査地の地盤状況を考慮し、すべり面下側・上側の土の単位体積重量がそれぞれ 1.7g/cm^3 ・ 1.5g/cm^3 となるように締め固め、含水比は 8% とした。垂直応力は 49.05 、 98.1 、 196.2kPa の 3 条件で行い、内部摩擦角 ϕ および粘着力 c を求めた。

2) 試験結果

一面せん断試験の結果を図-5 に示す。図-5 によると、根茎の有無や異方性によって、内部摩擦角 ϕ は大きく変わらないことがわかる粘着力 c については根茎がすべり面に平行な場合と根茎無しの場合を比較すると根茎がすべり面に平行な場合の方が減少している。これは、根茎と土の粘着力より土と土の粘着力の方が大きいためと考えられ、根系層崩壊の一因とも考えられる。一方、根茎がすべり面に垂直な場合は増加している。これは、根茎の杭効果と考えられる。前述したように、根茎がすべり面に平行な場合、粘着力 c が減少することがわかった。そこで、すべり面での根茎の割合がせん断強度にどのような影響を与えるのかを調べた。結果を図-6 に示す。図-6 から根茎がせん断面に増加するにつれて、粘着力 c が減少している。

4. まとめ

- ① 根茎の有無や異方性はせん断強度のうち、内部摩擦角 ϕ には関係しないが、粘着力 c には大きく関係する。
- ② 根茎がすべり面に平行に存在する場合は根茎が無い場合よりも粘着力 c が減少することがわかった。また、すべり面で根茎が多いほど強度が減少することがわかった。これが、根系層崩壊が発生しやすい一つの要因である。
- ③ 根茎がすべり面に垂直に存在する場合、粘着力 c が大きくなることより、根茎の杭効果が期待できることがわかった。これは、根茎が正常に成長した斜面では多くの根を横切る表層のすべり面においては表層崩壊が発生し難いことを示している。